

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Mazání turbokompresoru

Lubrication of Turbocompressor

Student:

Bc. Jan Štroblík

Vedoucí diplomové práce:

Dr. Ing. Miroslav Bova

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Štroblík**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T043 Hydraulika a pneumatika
Téma: **Mazání turbokompresoru**
Lubrication of Turbocompressor

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši z oblasti mazání turbín a kompresorů.
2. Vyberte vhodné řešení.
3. Proveďte potřebné technické a projekční výpočty.
4. Vypracujte projekt mazacího agregátu.
5. Nakreslete výrobní výkres nádrže a sestavný výkres mazacího agregátu.
6. Vypracujte návod na obsluhu a údržbu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Kolektiv autorů. *Projektování a konstrukce hydraulických zařízení*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth, 1988.
Pivoňka, J. a kol. *Tekutinové mechanismy*. Praha: SNTL Praha, 1987.
Sivák, V. *Projektování hydraulických systémů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990.
Lawrowski, Z. *Technika smarowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa, 1996

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr.Ing. Miroslav Bova**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřisečné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15.5. 2015

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 15.5.2015


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jan Štroblík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Zelená Hora 113

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Dr. Ing. Miroslavu Bovovi a zaměstnancům firmy Interfluid spol. s.r.o. za odbornou pomoc při realizaci této diplomové práce.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Štroblík, J. *Mazání turbokompresoru : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2015, 74 s. Vedoucí práce: Bova, M

Diplomová práce se zabývá návrhem mazacího agregátu turbokompresoru. První část se věnuje zadání mazacího agregátu a podrobně popisuje požadavky zákazníka. Poté přechází k problematice provozu turbín a turbokompresorů, kde popisuje způsoby jejich mazání. V praktické části přistupuje k samotnému návrhu mazacího agregátu, kde jsou provedeny veškeré technické a projekční výpočty. Na základě těchto výpočtů jsou navrženy hydraulické prvky agregátu i spolu s potrubím. V páté kapitole je zpracovaný kompletní projekt mazacího agregátu. Projekt byl zpracovaný v 3D programu SOLIDWORKS, ve kterém byla vyprojektovaná nádrž i s celým příslušenstvím mazacího agregátu. Funkce mazacího agregátu je zde podrobně popsána i spolu s jednotlivými technickými řešeními. Nakonec je uveden návod na obsluhu a údržbu mazacího agregátu spolu s principiálními schémata. V příloze diplomové práce je funkční schéma, specifikace prvků, motorová listina, výkresy nádrže, rámu, potrubí a sestavné výkresy mazacího agregátu.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

Štroblik, J. *Lubrication of turbocompressor : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2015, 74 p. Thesis head: Bova, M.

This thesis describes the design of lubrication aggregate of turbocompressor. The first part is focused on assignment of the lubrication aggregate and describes in detail there quirements of the customer. Then the thesis turns to the isme of turbines and compressors operation, where the methods of lubricationare described. In the practical part the thesis gets to the design of lubrication aggregate, where all the technical and project calculations are made. Based on these calculations there are designed the hydraulic elements of the aggregate together with the piping. In the fifth charter there is treated the entire project of lubrication aggregate. The project was made in the 3D in the SOLIDWORKS software, in which there was designed the tank with all the accessories of the lubrication aggregate. There is the fiction of the lubricating aggregate described in detail also with individual technical solutions. At last, there is given the operation a maintenance manual on lubrication aggregate along with principal diagrams. In annex of the thesis there is a functional diagram, assembler drawings of lubrication aggregate.

Seznam použitých značek a symbolů

Označení	Význam	Měřicí jednotka
C	měrné skupenské teplo kapaliny	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
C_1	měrné skupenské teplo kovu	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
D	průměr	m
$K_{\check{c}}$	souč. přestupu tepla	$\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$
$K_{s\check{c}}$	počet čerpadel	1
K_{sp}	počet prvků	1
P	výkon	W
P_z	ztrátový výkon	W
P_O	výkon ohříváče	W
P_p	výkon potřebný pro udržení pož. teploty	W
Q	objemový průtok	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Q_1	velikost lekáže	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Q_o	průtok oleje přes ohříváč	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
S	plocha (průřez)	m^2
S_N	povrch nádrže	m^2
S_c	plocha ocelové nádrže včetně dna bez víka	m^2
S_s	plocha stěn do výše kapaliny	m^2
S_{p1}	plocha povrchu potrubí 1	m^2
S_{p2}	plocha povrchu potrubí 2	m^2
T	časová konstanta	s
T_O	doba ohřevu	s
T_1	ohřátí oleje při přechodu přes ohříváč	$^{\circ}\text{C}$
V_N	objem nádrže	m^3
V_K	množství kapaliny	m^3

e_z	ztrátová měrná energie	$J \cdot kg^{-1}$
$f_{\xi 1}$	časový faktor čerpadla	1
$f_{\xi 2}$	časový faktor prvků	1
f_o	koeficient ochlazování	1
m	hmotnost	kg
m_k	hmotnost kovových částí	kg
n	otáčky	s^{-1}
p	tlak	Pa
p_z	tlaková ztráta	Pa
r	poloměr	m
s	tloušťka stěny	m
t	teplota	$^{\circ}C$
t_u	ustálená teplota	$^{\circ}C$
t_o	teplota okolí	$^{\circ}C$
t_{ol}	ustálená teplota oleje max.	$^{\circ}C$
t_1	počáteční teplota oleje	$^{\circ}C$
t_2	požadovaná teplota ohřátí oleje	$^{\circ}C$
v	rychlost	$m.s^{-1}$
τ_o	dobu ohřátí oleje	s
Φ_v	teplo přivedené z venku	W
Φ_{HG}	teplo z provozu hydrogenerátoru	W
Φ_P	teplo přivedené prvky	W
Φ_N	teplo odvedené nádrží	W
Φ_Z	celkový ztrátový výkon	W
Δp_z	tlaková ztráta	Pa
Δp_{zm}	tlaková ztráta místní	Pa
Δt	rozdíl teplot	$^{\circ}C$
λ	součinitel tření	1
ν	kinematická viskozita	$m^2 \cdot s^{-1}$
ξ	součinitel místního odporu	1
π	Ludolfovo číslo ($\pi=3,14159$)	
ρ	hustota	$kg \cdot m^{-3}$

Obsah

strana

Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod	12
1 Cíl práce	12
2 Zadání od zákazníka	13
2.1 Požadavky na olejový blok soustrojí turbína – kompresor.....	13
2.1.1 Technické údaje	13
2.1.2 Provedení strojně – technologické části	14
2.1.3 Část elektro + měření a regulace	15
3 Přehled současného stavu řešené problematiky	16
3.1 Turbíny	16
3.2 Turbokompresory	17
3.3 Mazání turbosoustrojí	18
3.3.1 Nouzová olejová rezerva a retenční doba	19
3.3.2 Mazací oleje v turbosoustrojích	19
4 Návrh mazacího agregátu	21
4.1 Technické a projekční výpočty	23
4.1.1 Návrh objemu a rozměrů nádrže	23
4.1.2 Návrh olejového čerpadla a elektromotoru.....	24
4.1.3 Návrh mazacího oleje	25
4.1.4 Výpočet potrubí.....	25
4.1.5 Výpočet velikosti chladiče.....	31
4.1.6 Výpočet počtu topných těles v nádrži	35
5 Zpracování projektu mazacího agregátu	38
5.1 Konstrukční řešení mazacího agregátu.....	38
5.2 Konstrukce nádrže.....	39
5.2.1 Proudění oleje v nádrži a jeho zklidnění	42
5.2.2 Proudění vzduchu v nádrži	43
5.3 Montážní víko s elektromotorem a hydrogenerátorem	44
5.4 Nosný rám s chladiči a filtrací	45

5.4.1	Filtrace oleje.....	46
5.4.2	Chladič oleje	46
5.5	Odsávání olejových par	47
5.6	Plán zkoušek	48
5.7	Stavební podklady	54
5.7.1	Popis	54
5.7.2	Popis umístění mazacího agregátu	54
5.7.3	Přístup ke stavbě po dobu výstavby	54
5.7.4	Požadované stavební úpravy.....	55
5.7.5	Kotvení mazacího agregátu	55
5.7.6	Kotvení pomocných konstrukcí	56
5.7.7	Transportní údaje	56
6	Technická dokumentace.....	57
7	Návod na obsluhu a údržbu	58
7.1	Popis činnosti mazacího agregátu	58
7.1.1	Technické parametry hydraulického agregátu	59
7.2	Potrubní rozvod.....	60
7.3	Materiál a provedení hydraulického agregátu.....	60
7.4	Nároky na energie a materiál	61
7.4.1	Energie.....	61
7.4.2	Voda	62
7.4.3	Vzduch.....	62
7.4.4	Olej	62
7.5	Postup uvedení stroje do stavu připravenosti.....	63
7.6	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci	63
7.7	Principiální schémata.....	64
8	Závěr	70
9	Seznam použitých pramenů	71
10	Seznam příloh	73

Úvod

Turbíny a turbokompresory mají v dnešní době obrovské zastoupení. Turbíny se používají k pohonu kompresorů, elektrických generátorů. Turbokompresory se používají v chladírenském průmyslu či k dopravě různých plynů. Proto mají tato zařízení pro své provozovatele klíčový význam. Jelikož se jedná o točivé stroje, které pracují při značně vysokých teplotách, kladou se vysoké nároky i na jejich uložení. Ložiska těchto strojů musí být mazána (chlazena) plynulým přísunem mazacího oleje.

Mazací systémy jsou z tohoto důvodu nedílnou součástí turbosoustrojí. Bez mazacích systémů by plynulý chod nebyl vůbec možný. V provozu dochází k tak velkému zatížení pohyblivých částí a zejména uložení ložisek, že by bez pravidelného mazání docházelo k zadírání. Proto se používají mazací systémy, které umožní pravidelnou dodávku mazacího média do mazaných míst a tím zajistí hladký a bezporuchový chod turbosoustrojí. Správné mazání tak prodlužuje životnost pohyblivých součástí zejména ložisek a umožní bezporuchový chod zařízení, které tak šetří nemalé finanční náklady při opravách, nebo odstávkách turbosoustrojí.

1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je konstrukční a projekční návrh mazacího agregátu určeného pro mazání ložisek soustrojí turbína - turbokompresor. Celá koncepce a následná realizace mazacího agregátu vychází z požadavků zákazníka a následujících technických jednání. Z těchto jednání budou stanoveny technické parametry mazacího agregátu díky, kterým bude vytvořeno jeho funkční schéma. Budou, provedeny potřebné technické a projekční výpočty, na základě kterých se vypracuje projekt mazacího agregátu. Z projektu mazacího agregátu se zpracují výrobní a sestavní výkresy a celý projekt se začne realizovat. Na závěr bude zpracován návod na obsluhu a údržbu.

2 Zadání od zákazníka

Koncepce mazacího agregátu vychází z požadavků pro provoz turbokompresoru. Mazací agregát musí dodat dostatečné množství oleje pro chlazení, odvod tepla a mazání pohyblivých částí turbokompresoru. Mazací agregát je umístěn poblíž velkého turbokompresoru, který je určen pro chemický provoz. Protože se v blízkosti mazacího agregátu mohou vyskytovat výpary čpavku NH_3 bude provedení mazacího agregátu v provedení ATEX II 2G. Průtok oleje se dělí pro samotný kompresor a pro turbínu.

2.1 Požadavky na olejový blok soustrojí turbína – kompresor

Blok slouží k zásobování mazacím olejem soustrojí turbína – kompresor.

2.1.1 Technické údaje

Tabulka 2.1

1.	Typ oleje	Turbínový olej ISO VG 46
2.	Množství oleje pro turbínu	140 l/min
3.	Množství oleje pro kompresor	400 l/min
4.	Výkon jednoho olejového čerpadla	min. 650 l/min
5.	Tlak oleje na vstupu do ložisek	nom. 2,5 bar g min. 1,9 bar g
6.	Teplota oleje na vstupu do ložisek	min. 20°C nom. 40°C max. 48°C
7.	Teplota oleje na výstupu z ložisek	nom. 60°C max. 80°C
8.	Umístění	Volné prostranství pod přístřeškem Výška napojovacích bodů pro mazání soustrojí +9m
9.	Teplota okolního vzduchu	-30 až +32°C
10.	Nebezpečí výbuchu	Ex zona 2IICT1, ve vzduchu stopy NH_3
11.	Napájení k dispozici	3 x 380 V 50 Hz

2.1.2 Provedení strojně – technologické části

Tabulka 2.2

1.	Oleјové čerpadlo	Objemové, ponorné, pohon elektromotorem, Počet 2 ks (1 prac. + 1 rez.)
2.	Chladič oleje	Trubkový nebo deskový 2 ks – duplexní provedení s možností přepnutí za provozu soustrojí. Chladicí médium - voda
3.	Filtry oleje	2 ks – duplexní provedení s možností přepnutí za provozu soustrojí. Filtrační schopnost 10 mikronů.
4.	Oleјová nádrž	Mat. uhlíková ocel. Objem nádrže určit v souladu s API 614, olej musí pojmut celou olejovou náplň i při odstavení včetně akumulátoru oleje. Nádrž musí umožnit uklidnění a odplynění oleje. Nádrž bude vybavena jednotkou odsávání olejových par s demisterem, podtlak 50 mbar
5.	Místní panel	Na místní panel budou vyvedeny následující údaje - teplota oleje, teplota oleje za chladičem -tlak oleje za čerpadly, tlak oleje za filtry, tlaková ztráta duplexního filtru
6.	Dispozice	Pomocné zařízení vč. Potrubí (filtry, chladiče) bude umístěno nad nádrží tak, aby se v případě odstávky mohl veškerý olej vypustit do nádrže
7.	Materiály potrubí	Před filtry uhlíková ocel, za filtry nerez
8.	Technologické schéma	Viz. Výkres ARP-T-CO-02-BD-14/D
9.	Připoјovací místa	Všechna připoјovací místa budou osazena protipřirubami vč. Těsnění a spoj. Materiálu
10.	Podklady	Do jednoho měsíce po objednání budou předány: Základní rozměry bloku, poloha a rozměr připoјovacích míst
11.	Normy pro výše neuvedené pož.	API 614

2.1.3 Část elektro + měření a regulace

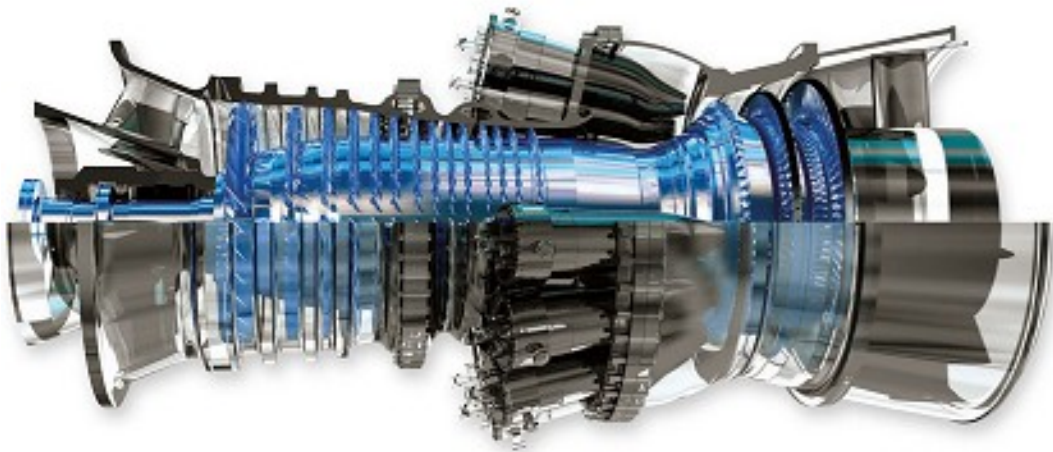
Tabulka 2.3

1.	Ex provedení	Elektrozařízení do výbušného prostředí bude v souladu s EN 60 079 1 – 14
2.	Motory	Motory budou vybaveny topným odporem proti kondenzaci a čidlem teploty PCT. Podle počtu připojení budou i připravené kabelové vývodky
3.	Ohřev zařízení	Pomocí topných kabelů
4.	Kabelové žlaby	Na olejové konzole budou připraveny držáky pro uchycení drátových kabelových žlabů
5.	Podklady pro napájení	Do 1 měsíce po objednání budou předány podklady pro připojení elektrických smyček
6.	Analogová měření	Signál 4 až 20mA/HART, pasivní, provedení Exi
7.	Dvouhodnotové signály	Dvoudrátové zapojení, pasivní, provedení Exi nebo NAMUR
8.	Snímače tlaku	Snímače Rosemount
9.	Snímače teplot	Snímače Rosemount
10.	Všechna dálková měření	Vybavenost místním ukazováním

3 Přehled současného stavu řešené problematiky

3.1 Turbíny

Turbíny dělíme podle typu a funkce na spalovací, vodní, plynové a parní. Turbíny se staly po několika desetiletí vývoje hlavním převodníkem jednoho typu energie na druhý (tepelná energie na kinetickou energii). Turbíny se tak podle potřeby používají k pohonu jednotlivých zařízení (kompresorů, elektrických generátorů atd.)



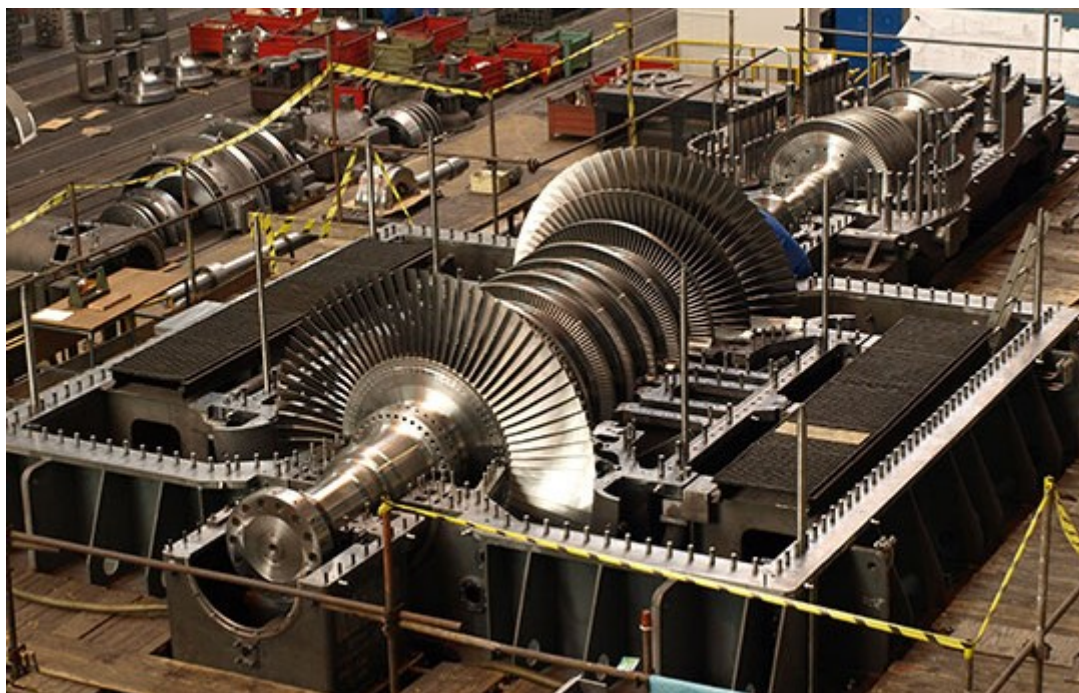
Obr. 3.1 plynová turbína [28]

3.2 Turbokompresory

Turbokompresory je název pro zařízení sloužící ke stlačování plynů. Mechanická energie přivedená na rotor se mění jednak působením lopatek a jednak vlivem odstředivé síly na kinetickou energii. Tato kinetická energie se vlivem velikosti průtočných průřezů oběžného kola a difuzoru mění na energii tlakovou. Rozdíl mezi turbokompresorem a turbínou je v posloupnosti energetických přeměn, jinak z technického hlediska jsou si tato dvě zařízení velmi podobná. Turbokompresory se používají v chladírenském průmyslu a pro dopravu různých plynů. Nejčastěji dodávaným stlačeným médiem je vzduch, kyslíkový plyn, zemní plyn, svítiplyn a další. Pohon turbokompresoru je řešen elektromotorem, nebo parní či plynovou turbínou.

Využití:

- **Komponenta spalovací turbíny**
- **Doly**
- **Hutě**
- **Chemický a potravinářský průmysl**



Obr. 3.2 turbosoustrojí [29]

3.3 Mazání turbosoustrojí

Turbosoustrojí jsou složitá a komplexní zařízení skládající se z turbíny a kompresoru. Jsou to klíčová zařízení, na která se v provozu klade velký důraz. Proto je důležité, abychom je neustále udržovali ve správném chodu. Jedním z mnoha problémů, kterým musíme při správném chodu turbosoustrojí předcházet je přehřívání a nadměrné opotřebování funkčních částí ložisek, způsobené nedostatečným mazáním.

Mazání turbosoustrojí zajišťuje olejové hospodářství, což je komplexní systém zajišťující filtraci, regulaci (teploty, tlaku, průtoku) a samotný rozvod oleje k mazaným místům. Olejové hospodářství musí také zajistit mazání i v havarijních podmínkách jako je například vysazení (hlavního čerpadla, chlazení, filtrace), nebo únik oleje vlivem netěsností. Proto se, u tak důležitého příslušenství jako je mazací agregát turbokompresoru všechny hlavní prvky zdvojují. Aby v případě jejich výpadku bylo zajištěno plnohodnotné zastoupení, které umožní nepřetržitou dodávku mazacího oleje k mazaným místům. Nutnou do doby odstavení turbosoustrojí. Tímto zdvojením zajistíme bezpečné odstavení turbosoustrojí, aniž by došlo k jeho destrukci.

Protože turbosoustrojí předává mazacímu oleji značný tepelný výkon, musí se do mazacího obvodu zařadit i chladič. Ten musí být dostatečně výkonný na to, aby odvedl přebytečné teplo získané při průchodu oleje přes ložiska turbosoustrojí. Pro tyto účely se používají především vodní chladiče (trubkové nebo deskové), které mají dostatečný chladicí výkon. Co se týče kvality filtrace oleje, udává se jako přípustná hodnota velikosti propuštěných částic filtrační vložkou do 10 mikrometrů.

3.3.1 Nouzová olejová rezerva a retenční doba

Nouzová olejová rezerva a retenční doba jsou dva důležité parametry, ke kterým musíme přihlížet při návrhu nádrže. Nouzovou olejovou rezervou se rozumí schopnost dodávky mazacího oleje do mazaných míst, aniž by došlo k opětovnému vracení oleje z mazacího okruhu zpět do nádrže. Doporučená doba po, kterou by měl být mazací systém schopen dodávat mazací olej k mazaným místům je 5 minut, aniž by se olej vrátil zpět do nádrže.

Retenční dobu stanovují výrobci oleje a myslí se tím doba, za kterou se olej uklidní před opětovným nasátím čerpadlem. Čerstvě přivedený olej do nádrže z mazacího okruhu obsahuje vzduchové bublinky a drobné nečistoty. Těchto nečistot a bublinek se olej před nasátím do čerpadla musí při průchodu nádrží zbavit (olej se musí uklidnit). Doporučená doba, za kterou se olej uklidní a je možné jej opětovně nasát čerpadlem je 8 minut.

3.3.2 Mazací oleje v turbosoustrojích

Mazací olej zajišťuje rovnoměrný a bezporuchový chod turbosoustrojí, proto se klade tak velký důraz na vlastnosti použitého oleje. Mazací vlastnosti oleje v provozu můžou změnit oxidační či termooxidační reakce. Tyto reakce vznikají při vyšší teplotě, nebo při styku oleje se vzduchem, s vodou, s nečistotami (kovové, prach). To vede k tvorbě kalů a ke znehodnocení oleje, což má za následek nedokonalé mazání součástí a jejich zahřívání. Aby k tomu nedocházelo, tak se u oleje pravidelně kontrolují tyto vlastnosti:

- Viskozita
- Obsah vody
- Oddělitelnost
- Odolnost proti pění
- Oxidační odolnost
- Korozní odolnost
- Vzhled a barva

Pro turbosoustrojí se nejčastěji používají oleje ropného nebo syntetického charakteru. U turbosoustrojí je mazací soustava uzavřená a dlouhodobá. Není výjimkou, že životnost oleje je nejméně 20 000 provozních hodin a uvádí se požadavek, aby byla životnost oleje dokonce stejná jako je životnost turbosoustrojí. Vhodný olej by měl doporučit výrobce turbosoustrojí na základě jeho zkušeností a prováděných testů. Většinou mají výrobci turbín a turbosoustrojí své dodavatele olejů, se kterými už dlouhodobě spolupracují a tyto oleje přímo vyvíjejí.

Samozřejmě, aby olej vydržel takovou zátěž, je nutné se o něj náležitě starat a kontrolovat jeho vlastnosti (tyto vlastnosti jsou uvedeny výše). Olej také nesmí vytvářet s vodou emulze (olej nemá obsahovat víc než 0,2 % vody), které značně snižují jeho funkční vlastnosti.

Doplňování oleje se provádí podle potřeby, ale náraz by se nemělo doplnit více než 10 % obsahu původní náplně v nádrži (hrozí pění oleje). Doplněvaný olej může obsahovat větší procento aditiv (důsledek jejich spotřebovávání v provozu). Množství aditiv, které má doplňovaný olej obsahovat se musí určit z chemického rozboru stávajícího oleje.

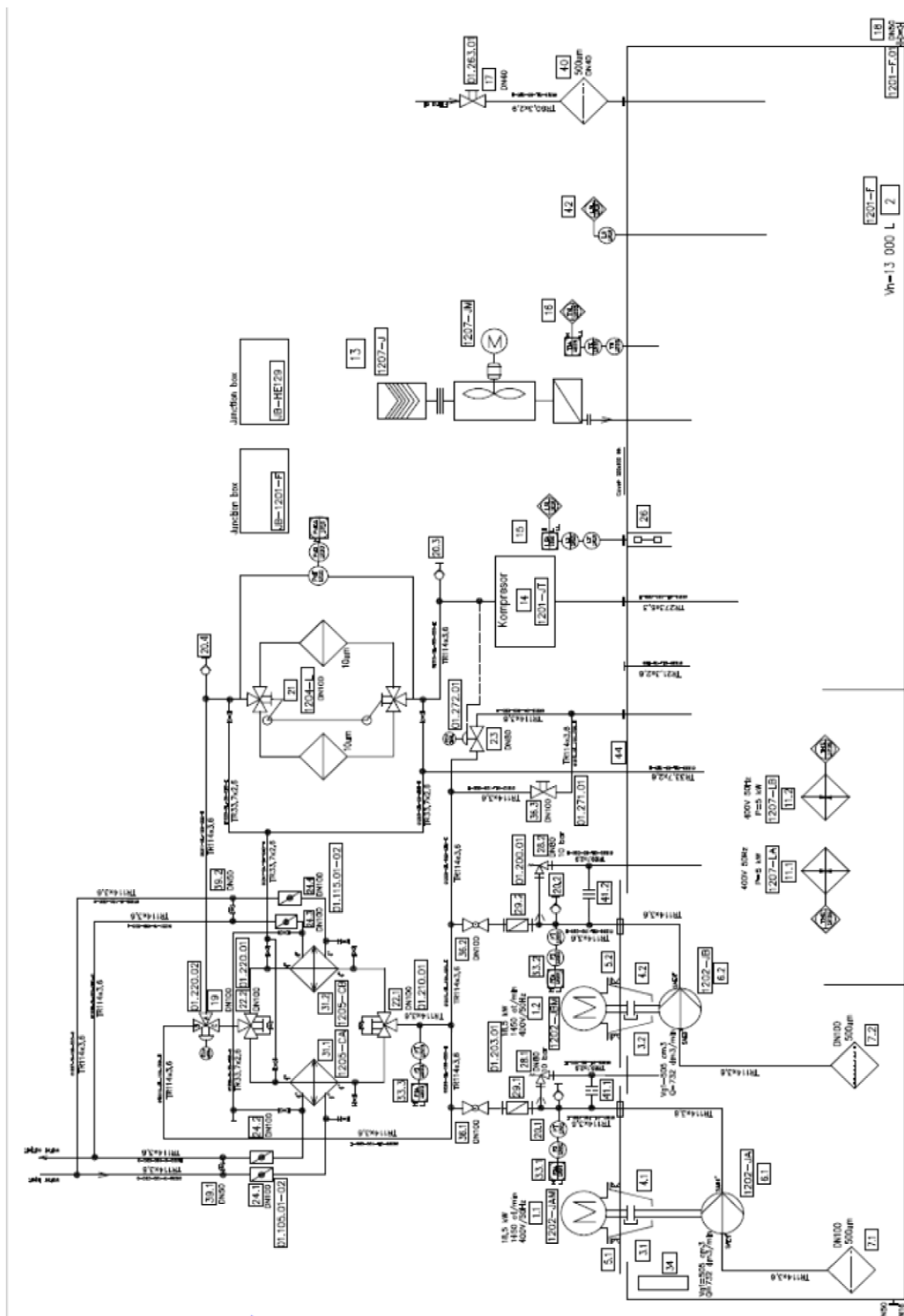
4 Návrh mazacího agregátu

Návrh mazacího agregátu vychází z požadavků zákazníka a následujících technických jednání. Pro tyto specifické požadavky byla zvolena koncepce jedné ocelové nádrže svařované konstrukce s hydraulickými komponenty umístěnými na víku nádrže, nebo vnořenými komponenty z boku nádrže. Protože se jedná o velice důležitý agregát pro celý provoz, je většina komponentů zdvojená (2 x čerpadlo, 2 x chladič, dvojitý filtr, atd.). Funkce agregátu je taková, že vždy jedno čerpadlo pracuje a zabezpečuje mazání, druhé čerpadlo je rezervní pro případ výpadku prvního. Čerpadla jsou umístěna pod víkem ve svislé poloze. Chlazení je z hlediska vysokého chlazeného výkonu navrženo vodou. Jako výměník je použit rozebíratelný deskový chladič. V provozu je vždy jedno chladicí těleso, s druhým se stejně jako v případě čerpadel počítá jako s rezervou pro poruchu či opravu jednoho z nich. Podobně je navržen i dvojitý přepínatelný filtr. Mazací agregát je vybaven potřebnými ventily (pojistný ventil, termoregulační ventil, pojistný regulační ventil, kulové ventily, zpětné klapky atd.) a čidly, které jsou potřebné pro správné řízení mazacího agregátu. Schéma mazacího agregátu je na obrázku 4.1 (výkres se schématem mazacího agregátu je uveden v příloze A pod názvem: Funkční schéma: 4-HI 16025 B - 1)

Celé zařízení sestává z následujících částí:

- konstrukce samotné nádrže
- pohonná jednotka tvořená elektromotorem a čerpadlem
- vodní deskový rozebíratelný chladič
- dvojitý přepínatelný filtr
- potrubní rozvody a kabelové trasy
- elektro výbava a ovládací zařízení

Funkční schéma mazacího agregátu



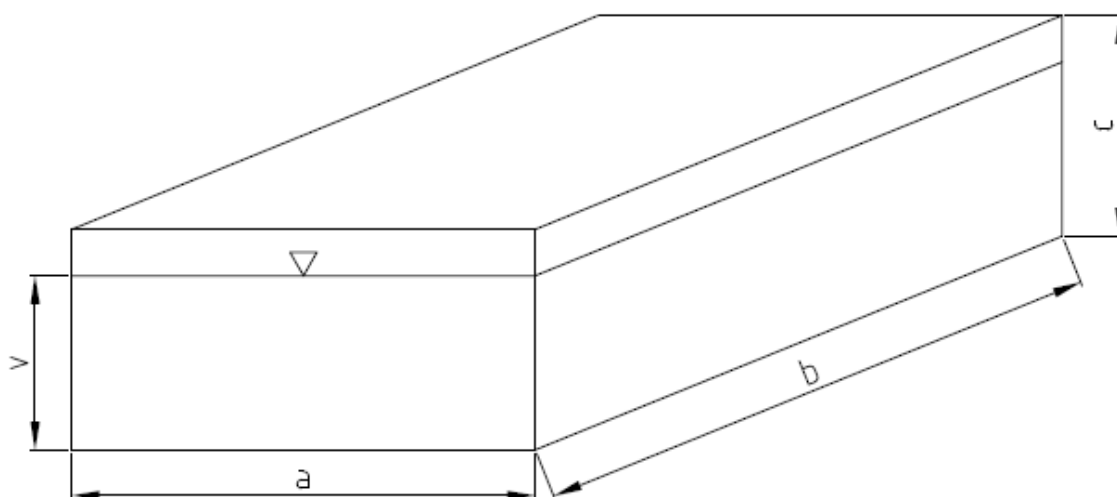
Obr. 4.1 Funkční schéma mazacího agregátu s komponenty umístěnými na víku nádrže

1 – elektromotor, 2 – nádrž, 3 – trager, 4 – spojka, 5 – tlumící kruh, 6 - hydrogenerátor, 7 – sací koš, 11 – topné těleso, 12 – snímač teploty, 13 – odsávání olejových par, 14 - kompresor, 15 – snímač hladiny, 16 – snímač teploty, 17 – kulový ventil, 18 – kulový ventil, 19 – termoregulační ventil, 20 – minimex přípojka, 21 – dvojité přepínatelný filtr, 22 – třicestný kulový ventil, 23 – ventil PCV, 24 – klapka, 25 – topné kabely, 26 – plovák snímače hladiny, 28 – pojistný ventil, 29 – zpětný ventil, 31 – deskový chladič, 33 – tlakové čidlo, 34 – stavoznak optický, 36 – kulový ventil, 39 – kulový ventil, 40 – plnicí filtr, 41 – clona, 42 – snímač hladiny, 44 – víko hlavní
(výkres se schématem mazacího agregátu je uveden v příloze A pod názvem: Funkční schéma: 4-HI 16025 B - 1)

4.1 Technické a projekční výpočty

4.1.1 Návrh objemu a rozměrů nádrže

Objem a rozměry nádrže vychází z požadavků zákazníka. Na základě těchto požadavků byl stanoven objem nádrže na 13 500 l s rozměry nádrže: $a = 2,5$ m, $b = 4,5$ m, $c = 1,2$ m, $v = 1$ m. (podrobněji se touto problematikou zabývá kapitola **5.2 Konstrukce nádrže**)



Obr. 4.2 Schéma nádrže

$$a = 2,5 \text{ m}, b = 4,5 \text{ m}, c = 1,2 \text{ m}, v = 1 \text{ m}$$

4.1.2 Návrh olejového čerpadla a elektromotoru

Návrh čerpadla

Při návrhu čerpadla vycházím, ze zadaných parametrů z tabulky 2.1. Navrhuji dvě identická zubová čerpadla poháněná asynchronním elektromotorem. V provozu bude vždy jedno z nich, přičemž to druhé bude sloužit jako záložní v případě poruchy jednoho z nich. Čerpadla mají tyto parametry:

Výrobce	Kracht
Typ čerpadla	KF6-500 H10B P00 ODPII 2G ckT4
Průtok čerpadla (1450 ot. min ⁻¹)	730 dm ³ .min ⁻¹
Pracovní tlak	14 bar

Návrh elektromotoru

Protože v prostředí, ve kterém budou tyto motory pracovat, hrozí nebezpečí výbuchu (Ex zona 2IICT1, ve vzduchu stopy NH₃) je nutné volit veškeré elektrozařízení s úpravou do výbušného prostředí v souladu s EN 60079 1-14. Motory budou vybaveny topným odporem proti kondenzaci a čidlem teploty PCT.

Výkon motoru:

(4.1)

$$P = Q_{Hg} \cdot p = 0,012 \cdot 1,5 \cdot 10^6 = 18000 \text{ W}$$

Výrobce	Siemens
Typ	FCM 160 L-4
Výkon (1450 ot. min ⁻¹)	18,5 kW/1450 ot/min
Napájení	400V/50Hz

4.1.3 Návrh mazacího oleje

Mazací olej pro mazání turbíny a kompresoru bude dodán zákazníkem, jedná se o turbínový olej dle ISO VG 46.

• Typ	VG46
• Viskozita	41,4-50,6 CSt
• Obsah vody	max. 0,02 %
• Množství	12 000L
• Čistota DLE NAS 1638	TŘÍDA 7

4.1.4 Výpočet potrubí

Návrh potrubí odpadní větve ústící do nádrže:

Rychlost v v odpadním potrubí volím $v = 0,25 \text{ m.s}^{-1}$

Průtok $Q = 12,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

(4.2)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,3 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,25}} = 0,250 \text{ m}$$

Volím ocelovou bezešvou trubku o vnitřním průměru $d = 273,14 \text{ mm}$ dle ČSN 426711.41(vnější a vnitřní povrch kovově čistý, rovnaný) TDP 420260.11 materiál trubek 12022.1 nebo 11353.1.

Jmenovitý tlak odpadní potrubí

16 bar

Návrh tlakového potrubí:

Rychlost v v tlakovém potrubí volím $v = 1,2 \text{ m.s}^{-1}$

Průtok $Q = 12,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

(4.3)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,3 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1,2}} = 0,114 \text{ m}$$

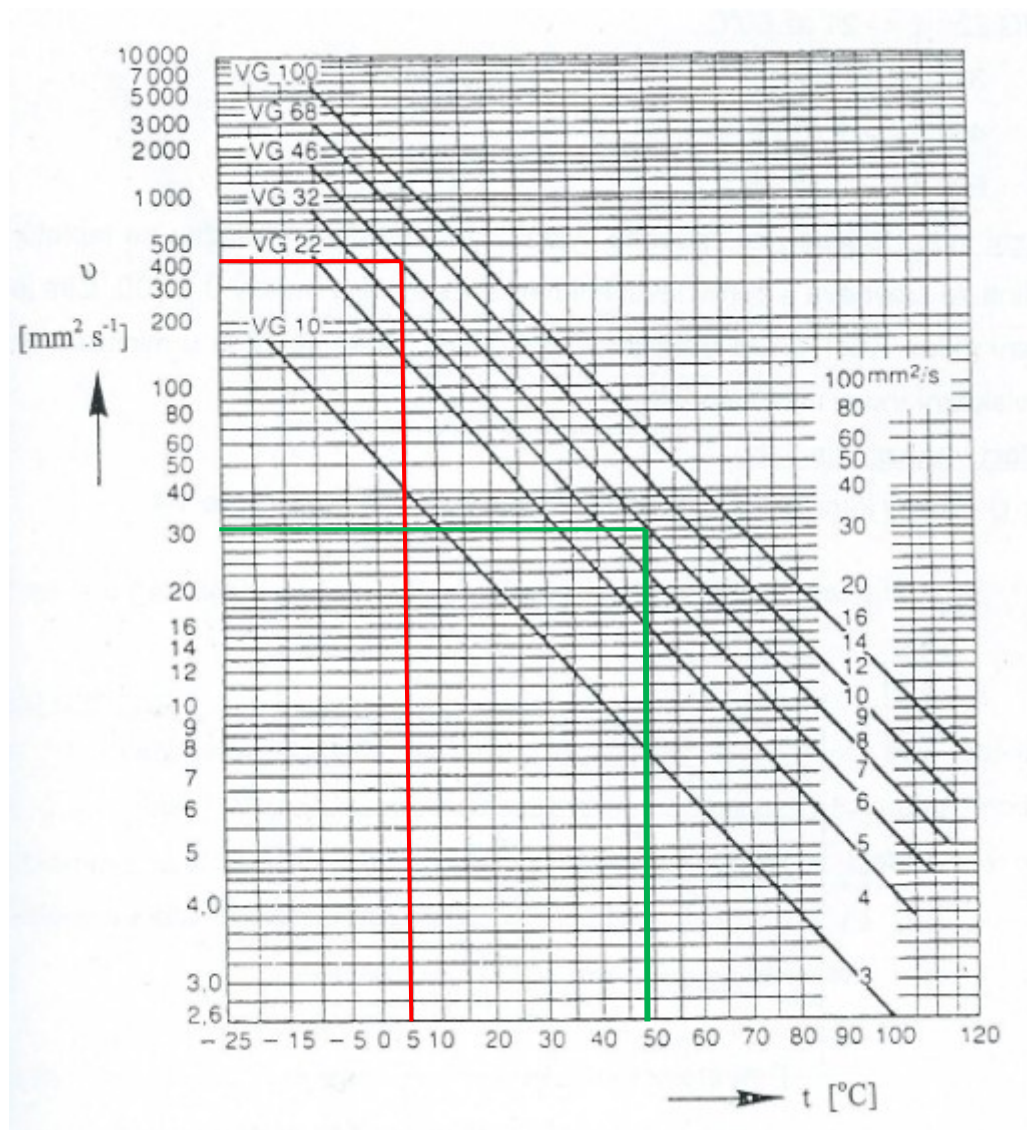
Volím ocelovou bezešvou trubku o vnitřním průměru $d = 114,3 \text{ mm}$ dle ČSN 426711.41 (vnější a vnitřní povrch kovově čistý, rovnaný) TDP 420260.11 materiál trubek 12022.1 nebo 11353.1.

Jmenovitý tlak tlakového potrubí

25 bar

Výpočet tlakových ztrát potrubí pro olej při startovací teplotě:

Teplota oleje při startovací teplotě je 5 °C . Z grafu na obrázku 4.3 odečítám startovací viskozitu oleje $400 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Délka potrubí je 25 m a hustota oleje 890 kg.m^{-3} .



Obr. 4.3 Mezní hodnoty viskozit podle ISO 3448 [8]

Výpočet tlakových ztrát v tlakovém potrubí:

kde délka potrubí $l = 25 \text{ m}$

(4.4)

$$v = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{12,3 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{\pi \cdot 0,1143^2} = 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(4.5)


$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,2 \cdot 0,1143}{0,0004} = 342,9$$

$$Re \leq Re_{krit}(2320) \quad \text{jedná se o laminární proudění} \quad (4.6)$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{342,9} = 0,186 \quad (4.7)$$

$$\Delta p_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = 0,186 \cdot \frac{0,25}{0,1143} \cdot \frac{1,2^2}{2} \cdot 890 = 26069 \text{ Pa}$$

Tabulka 4.1[4]

	Oblouk hladký	<table><tr><td></td><th colspan="4">r/d</th></tr><tr><td></td><th>1,0</th><th>1,5</th><th>3,0</th><th>4,0</th></tr><tr><th rowspan="3">α</th><td>45°</td><td>0,25</td><td>0,20</td><td>0,15</td><td>0,10</td></tr><tr><td>90°</td><td>0,40</td><td>0,30</td><td>0,20</td><td>0,15</td></tr><tr><td>180°</td><td>0,50</td><td>0,35</td><td>0,25</td><td>0,20</td></tr></table>		r/d					1,0	1,5	3,0	4,0	α	45°	0,25	0,20	0,15	0,10	90°	0,40	0,30	0,20	0,15	180°	0,50	0,35	0,25	0,20
	r/d																											
	1,0	1,5	3,0	4,0																								
α	45°	0,25	0,20	0,15	0,10																							
	90°	0,40	0,30	0,20	0,15																							
	180°	0,50	0,35	0,25	0,20																							

Podle tabulky 4.1 volím poloměr oblouku ku průměru potrubí $R/d = 4$ a úhel oblouku 90° , pro potrubí hydraulicky hladké. Počítáme zde s laminárním prouděním, proto vzorec násobíme opravným součinitelem $b = 1,53$.

(4.8)

$$\Delta p_{zm} = b \cdot \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = 1,53 \cdot 0,15 \cdot \frac{1,2^2}{2} \cdot 890 = 147 \text{ Pa}$$

Celková tlaková ztráta v tlakovém potrubí pro startovací teplotu:

(4.9)

$$\Delta p = \Delta p_z + 14 \cdot \Delta p_{zm} = 26069 + 14 \cdot 147 = 28127 \text{ Pa}$$

V tomto výpočtu nejsou zahrnuty tlakové ztráty na filtru a na chladiči, tyto ztráty jsou zahrnuty ve výpočtu pro provozní viskozitu.

Výpočet tlakových ztrát potrubí pro olej při provozní teplotě:

Teplota oleje při provozní teplotě je 48 °C. Z grafu na obrázku 4.3 odečítám startovací viskozitu oleje 30 mm².s⁻¹. Délka potrubí je 25 m a hustota oleje 890 kg.m⁻³.

Výpočet tlakových ztrát v tlakovém potrubí:

kde délka potrubí $l = 25$ m

(4.10)

$$v = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{12,3 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{\pi \cdot 0,1143^2} = 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(4.11)

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,2 \cdot 0,1143}{0,00003} = 4572$$

$Re \leq Re_{krit}(2320)$ jedná se o turbulentní proudění

(4.12)

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{4572}} = 0,038$$

(4.13)

$$\Delta p_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = 0,038 \cdot \frac{0,25}{0,1143} \cdot \frac{1,2^2}{2} \cdot 890 = 5326 \text{ Pa}$$

(4.14)

$$\Delta p_{zm} = \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = 0,15 \cdot \frac{1,2^2}{2} \cdot 890 = 96 \text{ Pa}$$

Celková tlaková ztráta v tlakovém potrubí pro provozní teplotu:

(4.15)

$$\Delta p = \Delta p_z + 14 \cdot \Delta p_{zm} = 5326 + 14 \cdot 96 = 6670 \text{ Pa}$$

Celková tlaková ztráta pro provozní teplotu:

(4.16)

$$\Delta p_{zc} = \Delta p + \Delta p_f + \Delta p_{CH} = 6670 + 9200 + 27980 = 43850 \text{ Pa}$$

Tlakové ztráty na filtraci a na chladiči jsou vypočteny přímo pro provozní teplotu a byly poskytnuty od výrobců.

4.1.5 Výpočet velikosti chladiče

Výpočet velikosti chladiče je proveden pomocí programu od společnosti Interfluid [6]. Od tohoto výpočtu se odvíjel návrh samotného chladiče. Použité vzorce, ze kterých se vychází v tabulce číslo 4.1.6.1, jsou uvedeny pod tabulkou.

K_{šč} - Počet čerpadel	[ks]		1
V_N - Velikost nádrže	[dm ³]		12000
t_o - Teplota okolí	[C]		35
p - Pracovní tlak	[MPa]		1
Q - Průtok	[dm ³ /min]		650
f_{č1} - Časový faktor čerpadla	[0-1]		1
S_N - povrch nádrže a potrubí	[m ²]		25
K_č - součinitel prostupu tepla	[W/m ² /C]		10
t_{ol} - Ustálená teplota oleje max	[C]		50
Ustálená teplota oleje min	C		45
p_p - Tlak spád na prvcích	[MPa]		0,2
f_{č2} - Časový faktor prvků	[0-1]		1
K_{sp} - Počet prvků	[ks]		1
Q_v - Teplo přiváděné z venku	[kW]		800
η_G - Účinnost čerpadla průtoková	[-]		0,9
m_k - Hmotnost kovových částí	kg		7000
C₁ - Měrné skupenské teplo kovu	J/Kg*K		450
C - Měrné skupenské teplo kap.	J/Kg*K		1800
ρ - Hustota kapaliny	k/m ³		890
t₀₁ - Počáteční teplota oleje	C		18
Voda vstup do chladič	C		26
Vody výstup z chladiče	C		31
součinitel tepla chladič	Wm-2K-1		790
Měrné skupenské teplo voda	Wm-2K-1		4180
T - ČASOVÁ KONSTANTA	s		89496,00
Q₁ - Velikost lekáže	[dm ³ /min]		65
Q_{HG} - Teplo z provozu HG	[kW]		1,083
Q_P - Teplo přivedené prvkami	[kW]		2,17
Q_Z - Celkový ztrátový výkon	[kW]		803,25
t_u - Ustálená teplota	[C]		3248,0
Q_N - Teplo odvedené nádrží	[kW]		8
Q_{CH} - Chlazený výkon	[kW]		795,25
T_o - Doba ohřátí oleje na teplotu	50 min		14,9
Střední teplotní spád	C		21,40
Teplosměnná plocha	m ²		47,03
Průtok vody	l/min		2283,01
	C	na C	za
Doba ohřívání z teploty	45	50	2,3
Doba chlazení z teploty	50	45	253,4

Tab. č. 4.1.6.1 Výpočet chladiče programem od firmy Interfluid [6]

V tabulce č. 4.1.6.1 jsou použity tyto vzorce:

- Časová konstanta (4.17)

$$T = \frac{m_k \cdot c_1 + V_N \cdot \rho \cdot C}{k_c \cdot S_N} = \frac{7000 \cdot 450 + 12 \cdot 890 \cdot 1800}{10 \cdot 25} = 89496 \text{ s}$$

- Velikost lékáže (4.18)

$$Q_1 = k_{s\check{c}} \cdot Q \cdot (1 - \eta_G) = 1 \cdot 650 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,9) = 0,065 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 65 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

- Teplo z provozu hydrogenerátoru (4.19)

$$\emptyset_{HG} = \frac{k_{s\check{c}} \cdot Q_1 \cdot P}{60 \cdot f_{\check{c}1}} = \frac{1 \cdot 0,065 \cdot 10^6}{60 \cdot 1} = 1083 \text{ W} = 1,083 \text{ kW}$$

- Teplo přivedené průtokem (4.20)

$$\Phi_P = k_{SP} \cdot Q \cdot P_p \cdot f_{\check{c}2} = 1 \cdot 0,0108 \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot 1 = 2170 \text{ W} = 2,17 \text{ kW}$$

- Celkový ztrátový tepelný výkon (4.21)

$$\Phi_Z = \Phi_{HG} + \Phi_P + \Phi_{HG} = 1083 + 2170 + 800000 = 803253 \text{ W} = 803,253 \text{ kW}$$

- Ustálená teplota (4.22)

$$t_u = t_o + \frac{\Phi_Z}{S_N \cdot k_{\check{c}}} = 35 + \frac{803253}{25 \cdot 10} = 3248 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- Teplo odevzdané nádrží (4.23)

$$\Phi_N = (t_{ol} - t_{o1}) \cdot k_{\check{c}} \cdot S_N = (50 - 18) \cdot 10 \cdot 25 = 8000 \text{ W} = 8 \text{ kW}$$

- **Potřebný výkon chladiče** (4.24)

$$\Phi_C = \emptyset_Z - \emptyset_N = 803253 - 8000 = 795253 \text{ W} = 795,253 \text{ kW}$$

- **Doba ohřevu oleje na teplotu 50 °C** (4.25)

$$\tau_o = T \cdot \ln\left(\frac{t_u - t_{01}}{t_u - t_{ol}}\right) = 89496 \cdot \ln\left(\frac{3248 - 18}{3248 - 50}\right) = 891 \text{ s} = 14,9 \text{ min}$$

Průběh oteplování oleje v obvodu je znázorněný v grafu na obrázku číslu 4.4

čas	čas T [s]	teplota t [°C]
0.T	0	18
0,1.T	8949,6	323,75
0,3.T	26848,8	850,75
0,5.T	44748	1282,22
0,7.T	62647,2	1635,47
T	89496	2049
2.T	178992	2796,17
3.T	268488	3071

Tab. č. 4.1.6.2 Průběh oteplování

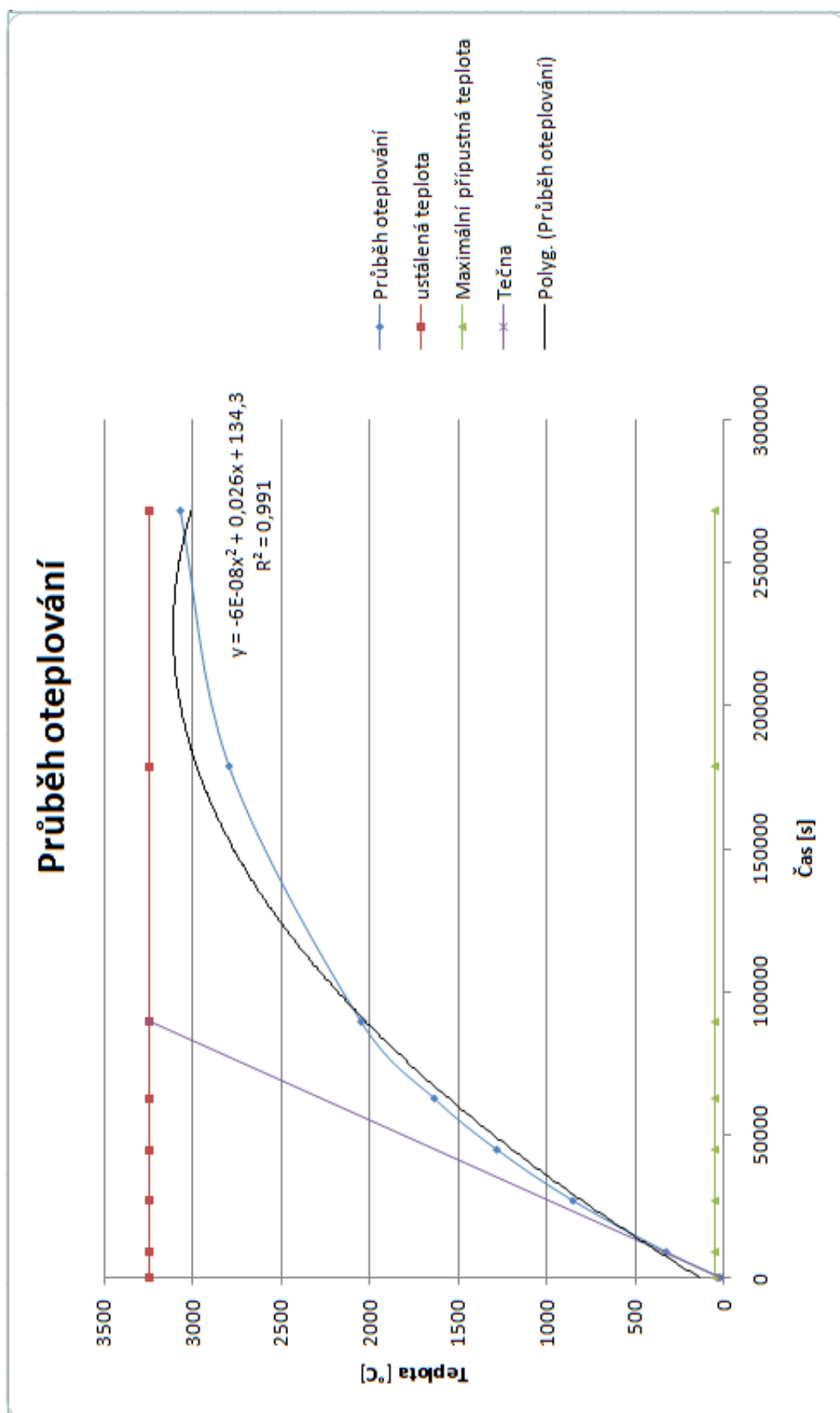
V tabulce č. 4.1.6.2 jsou použity tyto vzorce:

- **Čas pro teplotní konstantu 0,1 T** (4.26)

$$T_{0,1} = 0,1 \cdot T = 0,1 \cdot 89496 = 8949 \text{ s}$$

- **Teplota při teplotní konstantě 0,1 T** (4.27)

$$t = t_{01} + \frac{\emptyset_Z}{k_{\check{c}} \cdot S_N} \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_{01}}{T}}\right) = 18 + \frac{803250}{10 \cdot 25} \cdot \left(1 - e^{-\frac{8949,6}{89496}}\right) = 323,75 \text{ °C}$$



Obr 4.4 Graf průběhu oteplení obvodu

4.1.6 Výpočet počtu topných těles v nádrži

Výpočet topného tělesa je proveden pomocí programu od společnosti Interfluid [6]. Od tohoto výpočtu se odvíjel návrh počtů topných těles v nádrži. Použité vzorce, ze kterých se vychází v tabulce číslo 4.1.7.1, jsou uvedeny pod tabulkou.

Výpočet topného tělesa:

konst			0,00052	KWH/kgC		
V_k - Množství kapaliny.		11500	L			
ρ - Hustota kapaliny		890	kg/m3			
t_1 - Počáteční teplota oleje		5	C			
t_2 - Požadovaná teplota ohřátí oleje		20	C			
T_o - Doba ohřevu		280	min	4,666667	hod	
T_1 - Ohřátí oleje při přechodu přes ohřivač		0,95	C	na 1 průchod		
t_o - Teplota okolí		5	C			
f_o - Koefficient ochlazování		0,01	kW/m2K			
S_N - Teplosměnná plocha celkem		25	m2			
P_o - Výkon ohřivače		17,11	KW			
Q_o - Průtok oleje přes ohřivač		631,3	l/min	pro delta T	0,95	
P_p - Výkon potřebný pro udržení pož. tep.		3,75	kW			

Tab. č. 4.1.7.1 Výpočet topného tělesa programem od firmy Interfluid [6]

V tabulce č. 4.1.7.1 jsou použity tyto vzorce

- Výkon ohřivače (4.28)

$$P_o = \frac{V_k \cdot \rho \cdot konst. \cdot (t_2 - t_1)}{T_o} = \frac{11,5 \cdot 890 \cdot 0,52 \cdot 15}{4,6} = 17355 \text{ W} = 17,355 \text{ kW}$$

- Průtok oleje přes ohřivač (4.29)

$$Q_o = \frac{P_o \cdot 1000}{\rho \cdot \frac{1}{konst.} \cdot T_1} \cdot 60000 = \frac{17,11 \cdot 1000}{890 \cdot \frac{1}{0,00052} \cdot 0,95} \cdot 60000 = 631,3 \text{ dm}^3/\text{min}$$

- Výkon potřebný pro udržení pož. teploty (4.30)

$$P_p = f_o \cdot f_N \cdot (t_2 - t_0) = 0,01 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot (20 - 5) = 3750 \text{ W} = 3,75 \text{ kW}$$

Výpočet plochy nádrže a ploch potrubí:

Plocha nádrže			
b - délka		4,5	m
a - šířka		2,5	m
c - výška		1,2	m
V _k - Naplněno kapaliny v nádrži		11500	L
V _N - objem		13500	L
S _c - Plocha celé nádrže včetně dna bez víka		28,05	m ²
S _N - Plocha nádrže včetně dna do výše kapaliny		23,18	m ²
S _s - Plocha stěn do výše kapaliny		11,93	m ²
Plochy potrubí			
D ₁ - Průměr potrubí 1		100	mm
l ₁ - Délka potrubí 1		25	m
S _{p1} - Plocha povrchu potrubí 1		7,85375	m ²
D ₂ - Průměr potrubí 2		80	mm
l ₂ - Délka potrubí 2		1	m
S _{p2} - Plocha povrchu potrubí 2		0,25132	m ²

Tab. č. 4.1.7.2 Výpočet ploch nádrže a potrubí programem od firmy Interfluid [6]

V tabulce č. 4.1.7.2 jsou použity tyto vzorce

- Objem (4.31)

$$V_N = a \cdot b \cdot c = 4,5 \cdot 2,5 \cdot 1,2 = 13,5 \text{ m}^3$$

- Plocha celé nádrže včetně dna (4.32)

$$S_C = a \cdot b + 2 \cdot (a + b) \cdot c = 2,5 \cdot 4,5 + 2 \cdot (2,5 + 4,5) \cdot 1,2 = 28,05 \text{ m}^2$$

- **Plocha nádrže včetně dna do výše kapaliny** (4.33)

$$S_N = a \cdot b + 2 \cdot (a + b) \cdot \frac{V_k}{V_N} = 2,5 \cdot 4,5 + 2 \cdot (2,5 + 4,5) \cdot \frac{11,5}{13,5} = 23,18 \text{ m}^2$$

- **Plocha stěn do výše kapaliny** (4.34)

$$S_S = 2 \cdot (a + b) \cdot \frac{V_k}{V_N} = 2 \cdot (2,5 + 4,5) \cdot \frac{11,5}{13,5} = 11,93 \text{ m}^2$$

- **Plocha povrchu potrubí 1** (4.35)

$$S_{P1} = \pi \cdot D_1 \cdot l_1 = \pi \cdot 0,1 \cdot 25 = 7,85 \text{ m}^2$$

- **Plocha povrchu potrubí 2** (4.36)

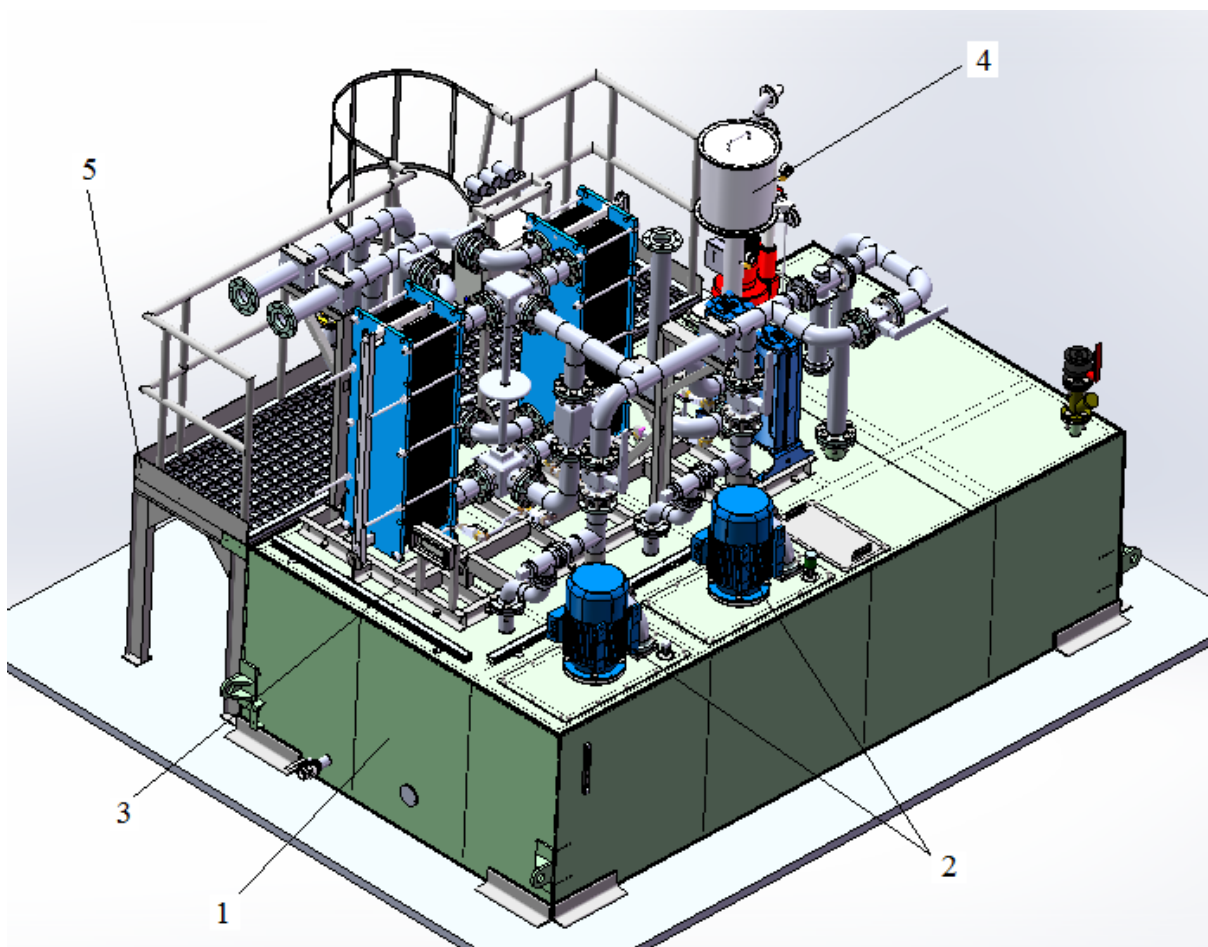
$$S_{P2} = \pi \cdot D_2 \cdot l_2 = \pi \cdot 0,08 \cdot 1 = 0,25 \text{ m}^2$$

5 Zpracování projektu mazacího agregátu

Do této části diplomové práce jsou promítnuty veškeré poznatky z předchozích kapitol. Celý projekt mazacího agregátu je zpracován v programu SOLIDWORKS, který je v současné době hlavním 3D programem ve firmě *Interfluid spol. s.r.o.* Ve stejném programu jsou vytvořeny i veškeré výrobní výkresy nádrže, rámu a sestavné výkresy celého mazacího agregátu.

5.1 Konstrukční řešení mazacího agregátu

Při realizaci tohoto projektu jsem se snažil vyjít zcela vstříc zákazníkovi a zrealizovat veškeré jeho technické připomínky. Mazací agregát se skládá z pěti hlavních částí, jejichž technické a funkční řešení je popsáno v jednotlivých kapitolách níže.

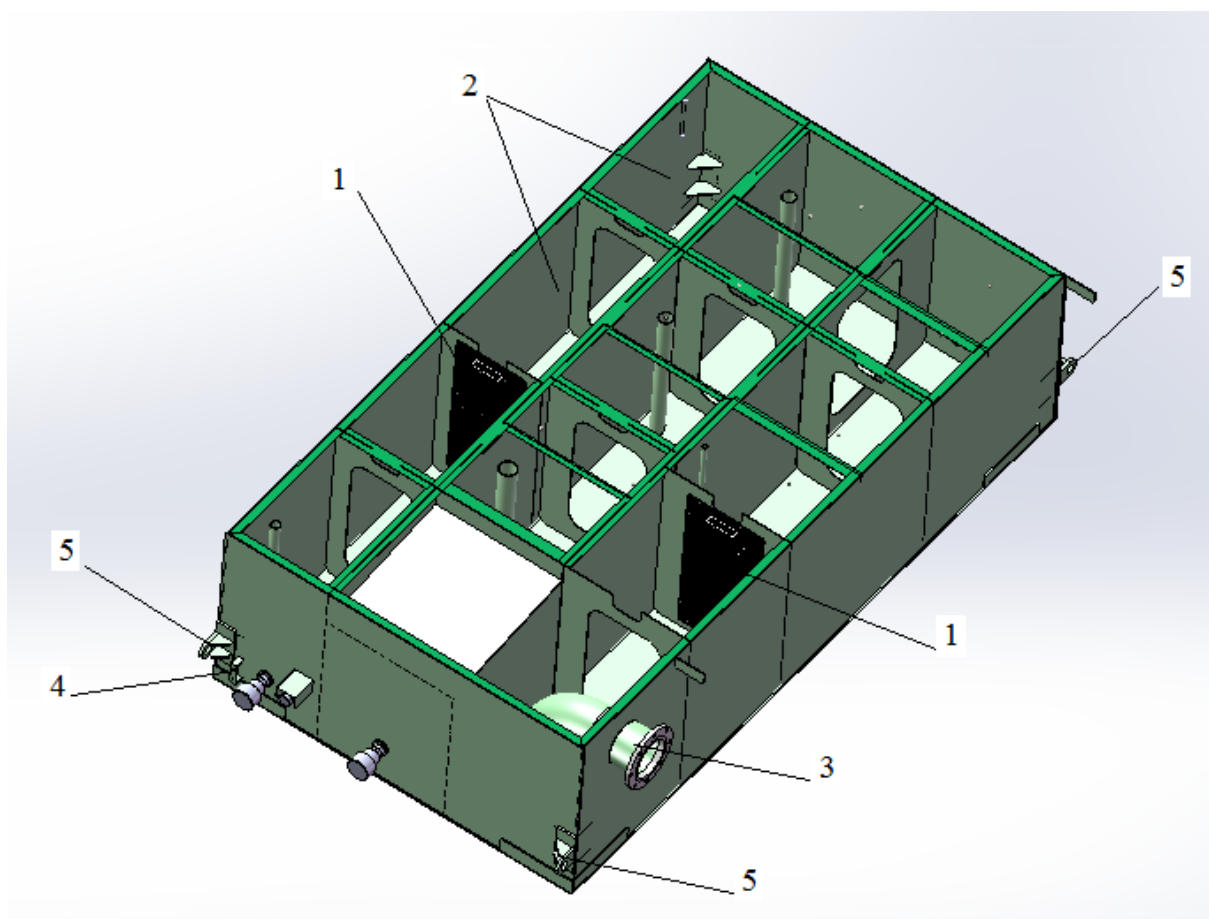


Obr. 5.1 Projekt mazacího agregátu

1 – nádrž, 2 – montážní víko s elektromotorem a hydrogenerátorem, 3 – nosný rám s chladiči a filtrací, 4 - odsávání olejových par, 5 – obslužná plošina

5.2 Konstrukce nádrže

Nádrž má objem 13 500 l a je svařena z ocelových plechů. Vnitřní prostor nádrže je tvořen řadou důmyslných přepážek, které jednak zpevňují konstrukci nádrže a jednak usměrňují proudění oleje v nádrži. Přepážky jsou rozmístěny tak, aby umožnily vracejícímu se oleji zpětným potrubím zpět do nádrže (před opětovným nasátím čerpadly) jeho uklidnění. Uklidněním oleje se myslí zbavení jej bublinek vzduchu, drobných nečistot (bublinky vzduchu a drobné nečistoty se do oleje dostanou průtokem přes mazaná ložiska turbosoustrojí) a celkové relaxování oleje než se dostane do prostoru sací komory čerpadla.

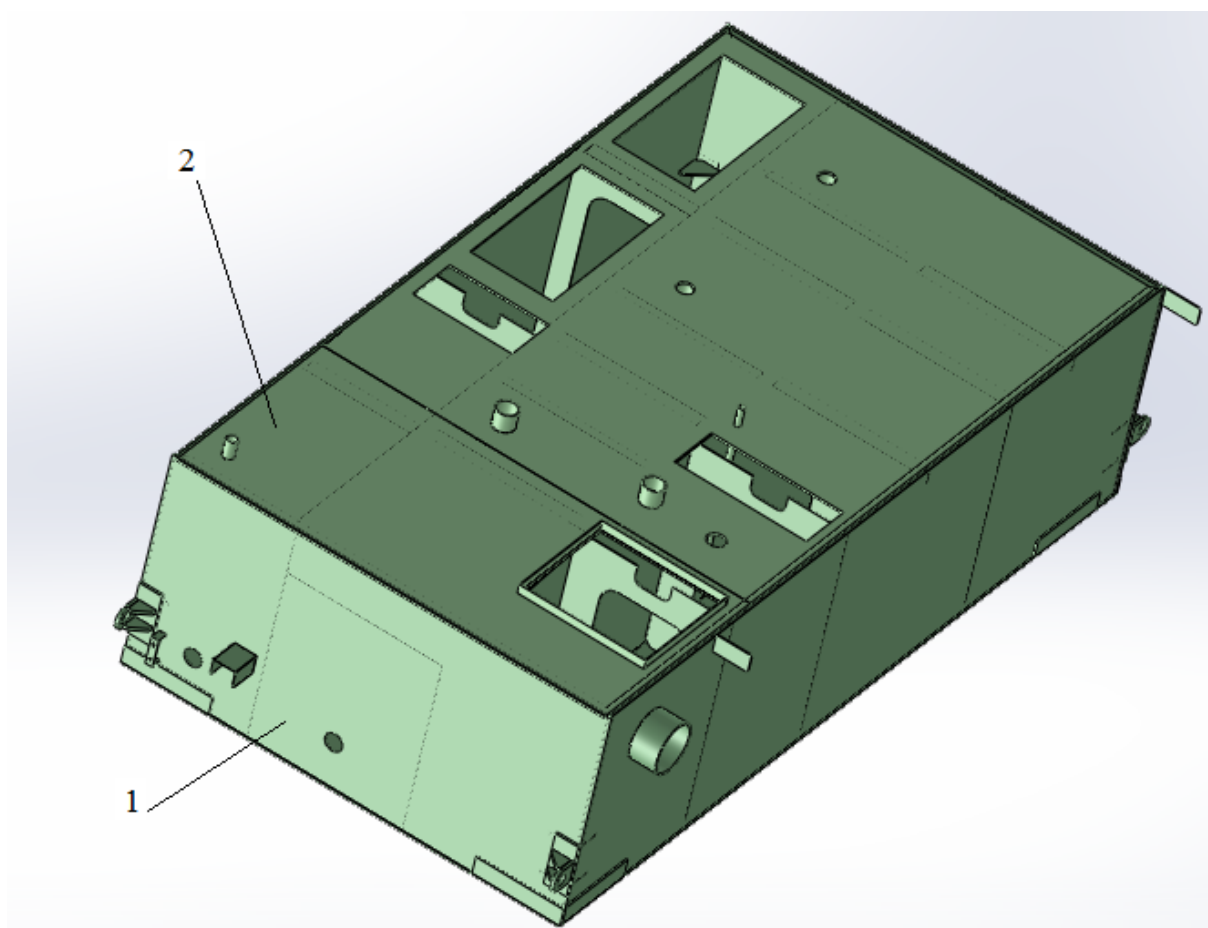


Obr. 5.2 Konstrukce nádrže

*1 – síta, 2 – sací komory čerpadel, 3 – zpětné potrubí, 4 – zemní prvky
, 5 – manipulační oka*

Na mazací agregát byl požadavek, aby byl vybaven systémem, který umožňuje odsávání olejových par z vnitřních prostor nádrže. Abychom vyvinuli, potřebný podtlak v nádrži byla snaha eliminovat netěsnosti vzniklé montáží víka. Proto je nádrž koncipovaná jako svařenec nádrže s víkem. Touto koncepcí se docílilo požadované těsnosti, ale i mnohem vyšší tuhosti nádrže.

Veškeré vnořené komponenty z bokou nádrže jsou opatřeny jímkami, které umožní jejich demontáž v případě poruchy bez vypouštění nádrže.



Obr. 5.3 Svařenec nádrže s víkem

1 – nádrž, 2 – víko

Realizace projektu



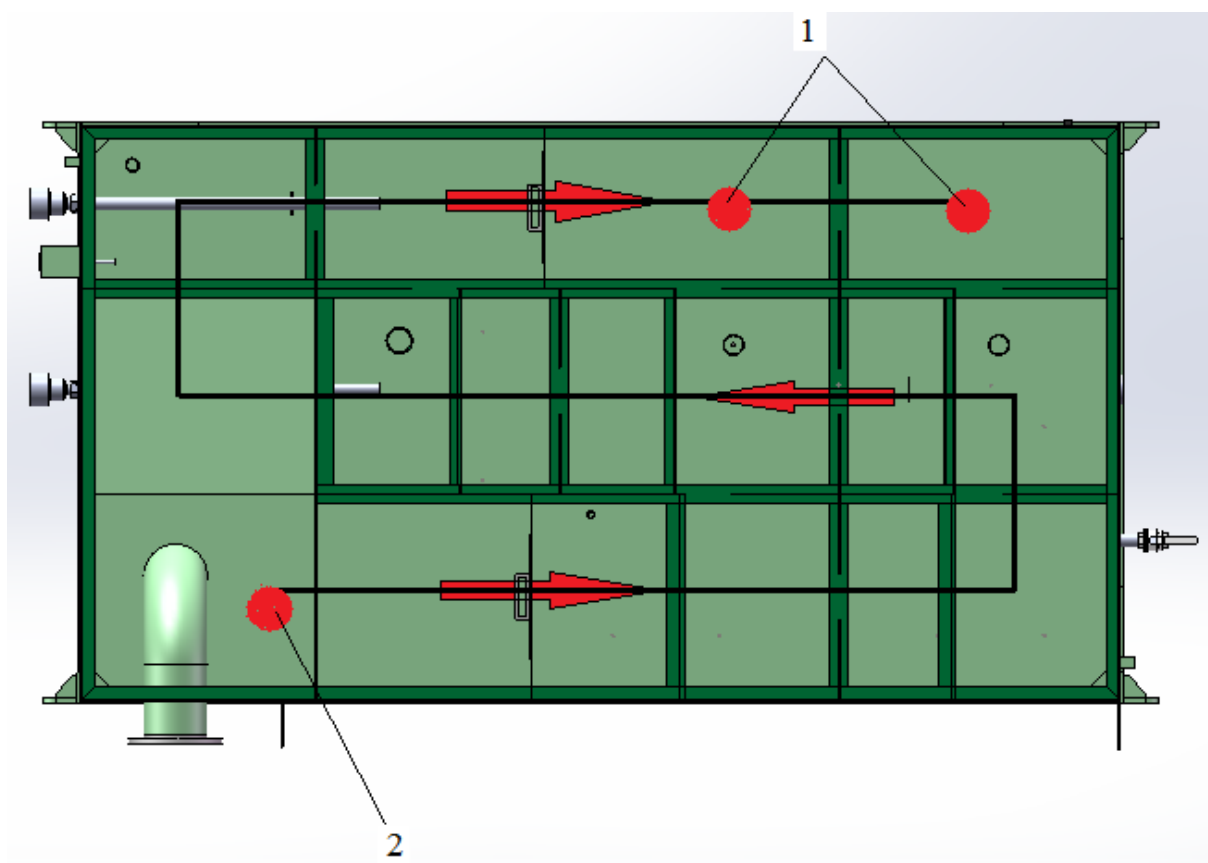
Obr. 5.4 Svařenec nádrže



Obr. 5.5 Svařenec nádrže

5.2.1 Proudění oleje v nádrži a jeho zklidnění

Na obrázku 5.6 je schéma proudění oleje v nádrži. Cesta oleje začíná vstupem přes zpětné potrubí do nádrže s označením 2. V tomto prostoru nádrže je olej neuklidněný a značně zpěněný. V první fázi proudí přes síto, které ho zbaví drobných nečistot a pokračuje dále ve směru šipek přes řadu přepážek. Než olej dojde do prostoru sání čerpadel 1, je uklidněný a čerpadlo nasává olej bez obsahu bublinek a drobných nečistot.

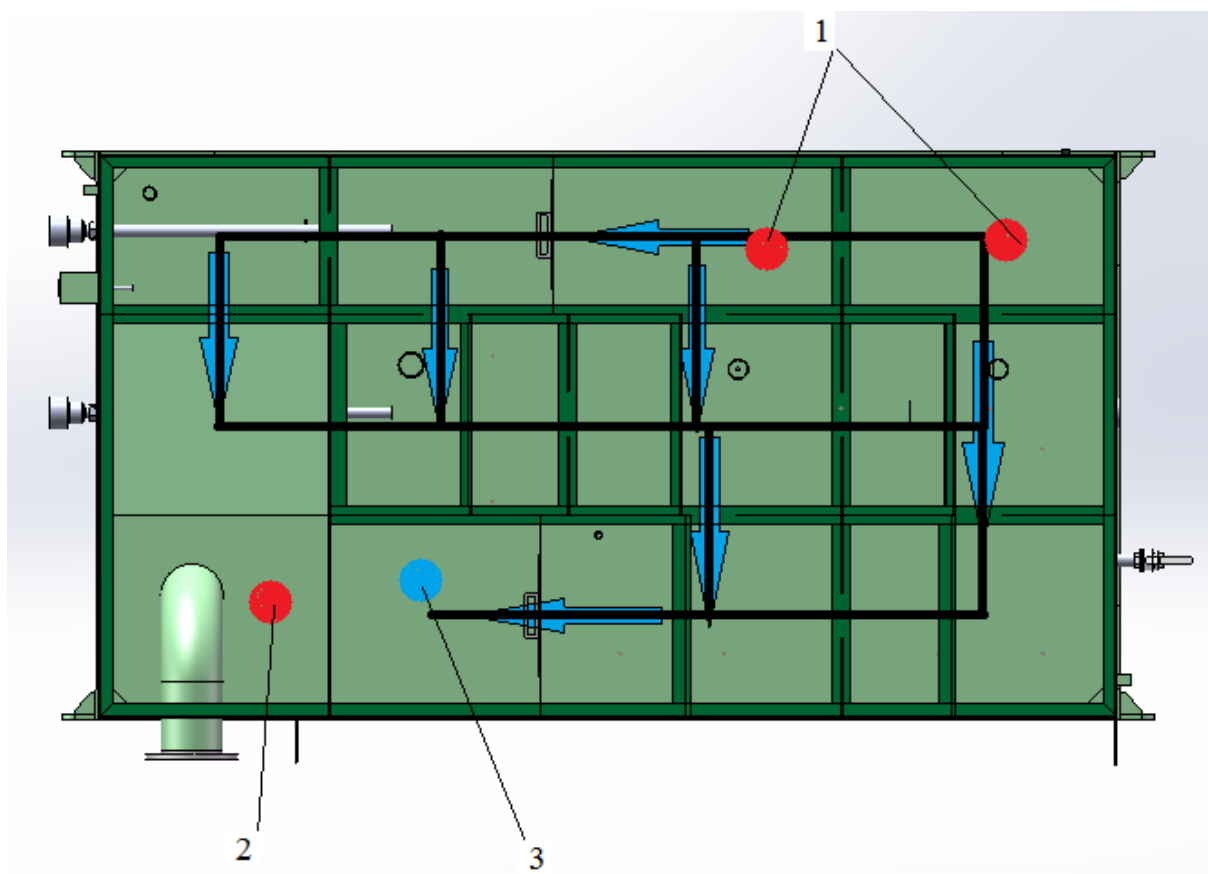


Obr. 5.6 Schéma proudění oleje v nádrži

1 – umístění sání čerpadel v oblasti uklidnění oleje, 2 – oblast proudění oleje zpět do nádrže

5.2.2 Proudění vzduchu v nádrži

Jak již bylo uvedeno dříve je mazací agregát vybaven systémem odsávání olejových par. Na obrázku 5.7 je schéma proudění vzduchu v nádrži. V jednotlivých přepážkách jsou v horních částech nechané vypálené otvory, které umožní proudění vzduchu od sání čerpadel 1 k umístění odsávání olejových par 3. Tento systém umožní odsávání olejových par z nádrže, čímž eliminuje tvorbu značného množství olejové pěny v oblasti zpětného potrubí. Odsávaná olejová mlha z nádrže se z odsávače olejových par vrací zpět do nádrže ve formě oleje. **Více v kapitole 5.5 Odsávání olejových par.**

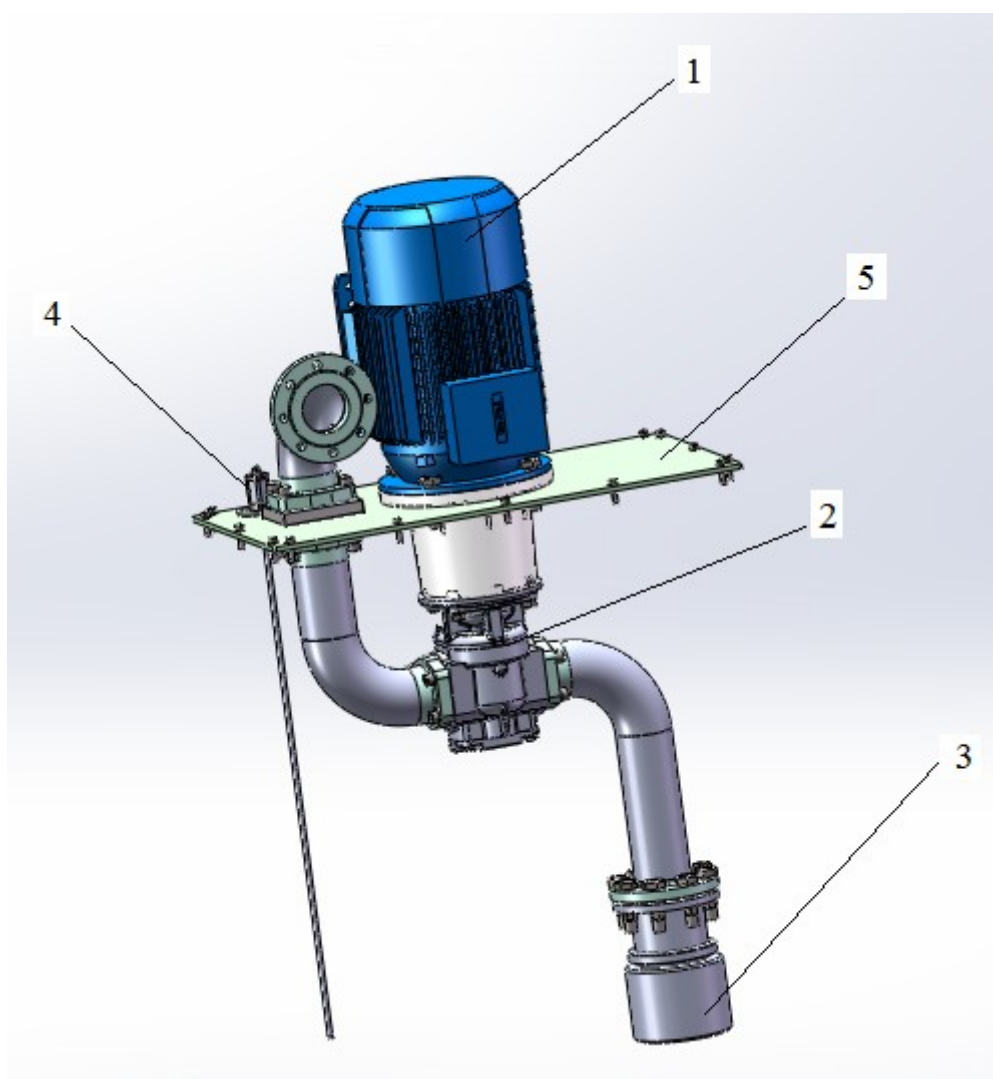


Obr. 5.7 Schéma proudění vzduchu v nádrži

1 – umístění sání čerpadel v oblasti uklidnění oleje, 2 – oblast proudění oleje zpět do nádrže, 3 – umístění odsávání olejových par z nádrže

5.3 Montážní víko s elektromotorem a hydrogenerátorem

Montážní víko s elektromotorem a hydrogenerátorem bylo koncipováno jako jeden montážní blok, který v sobě skrývá všechny hlavní prvky. Tato koncepce značně usnadní a urychlí montáž v případě poruchy či při samotné montáži celého mazacího agregátu. V případě poruchy je možné vyjmout celý blok z agregátu, odvést na dílnu a pohodlně opravit závadu bez jakéhokoli vypouštění oleje z nádrže.

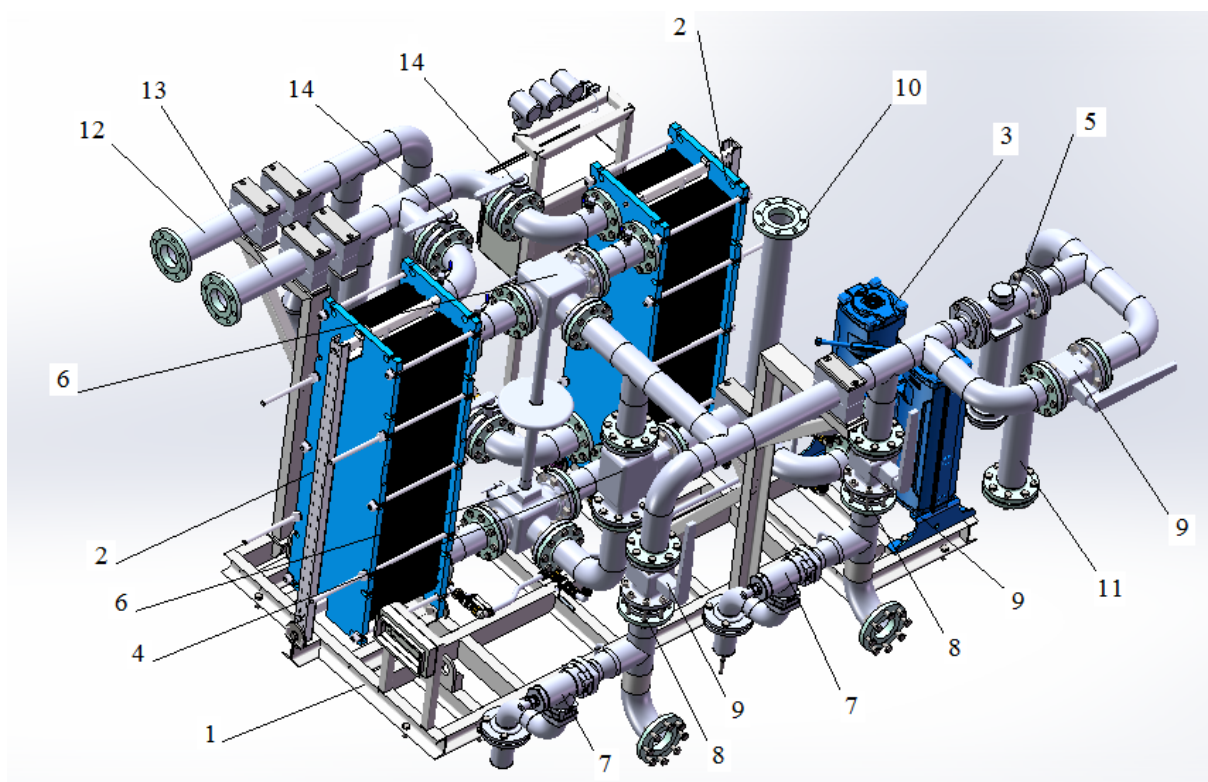


Obr. 5.8 Montážní víko s elektromotorem a hydrogenerátorem

1 – elektromotor, 2 – zubový hydrogenerátor, 3 – sací koš, 4 – snímač hladiny

5.4 Nosný rám s chladiči a filtrací

Mazací agregát má hydraulické prvky umístěny na nádrži. Aby byla umožněna snadná manipulace při přepravě a montáži mazacího agregátu, jsou všechny hlavní hydraulické prvky spolu s potrubím umístěny na nosném rámu. Díky němu je montáž a demontáž značně ulehčena, kdy stačí povolit pár fixačních šroubů z víka nádrže a je možné celý rám spolu s hydraulickými prvky a potrubím demontovat.



Obr. 5.9 Nosný rám s chladičem a filtrací

1 – nosný rám, 2 – deskový chladič, 3 – filtr, 4 – termoregulační ventil, 5 – ventil PCV, 6 – třicestný kulový ventil, 7 – pojistný ventil, 8 – zpětný ventil, 9 – kulový ventil, 10 – výstupní příruba, 11 – přepad, 12 – přívod chladicí vody, 13 – odvod chladicí vody, 14 – klapka

5.4.1 Filtrace oleje

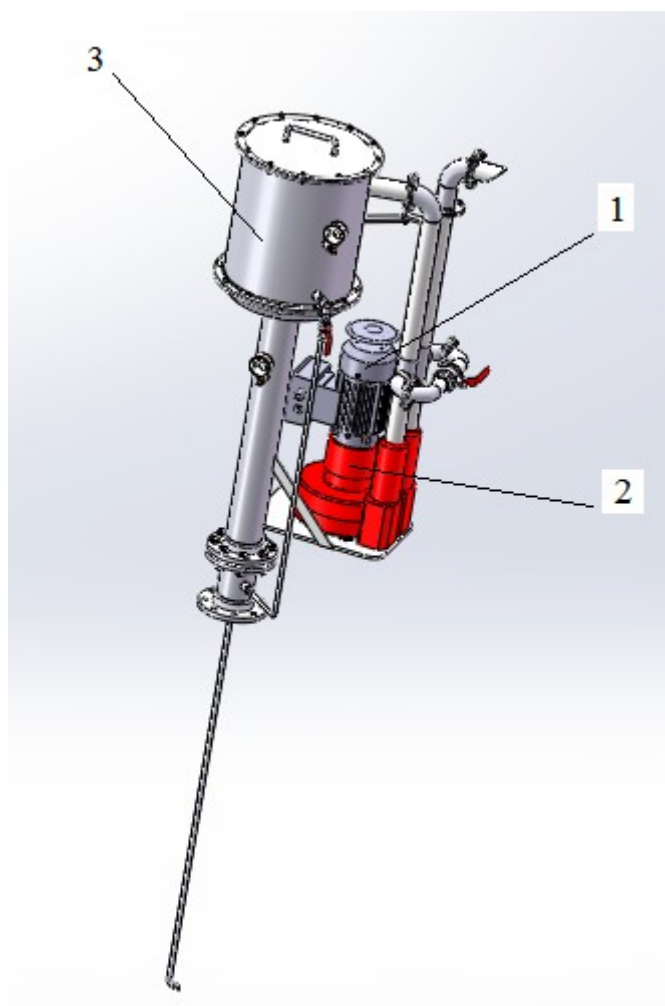
Směrodatným měřítkem pro návrh filtrace byla zadaná filtrační schopnost 10 mikronů a požadavek na duplexní provedení filtrační jednotky. Proto byl vybrán dvojitý přepínatelný filtr od firmy Bollfilter. Tento filtr je dvoukomorový s manuálním přepínáním. V momentě kdy dojde k zanesení filtrační vložky, manuálním přepínáním se přesměruje průtok do druhé komory a filtrační vložka lze vyměnit za provozu.

5.4.2 Chladič oleje

Mazací agregát musí uchladiť velký tepelný výkon, proto byl použit vodní rozebíratelný deskový chladič od firmy Tranter s chladícím výkonem 944 kW. Tento chladič bude v mazacím agregátu použit dvakrát a to z důvodu duplexního zapojení. Duplexní zapojení umožní v případě poruchy či zanesení chladiče přepnutí, aniž by došlo k technickým problémům.

5.5 Odsávání olejových par

Mazací agregát je vybaven systémem filtrace odsávání olejové mlhy, která vzniká ve velkých soustrojích, jako je turbokompresor nebo turbína. V zájmu zajištění bezporuchového provozu, musí být ložiska kompresoru mazány. Během provozu, tření způsobuje velké teplo, které je zodpovědné za tvorbu jemné olejové mlhy. Tyto olejové částice mlhy jsou často vynášeny ven do atmosféry nefiltrované. Olejové separátory (filtry olejové mlhy) zabezpečují odsávání olejové mlhy z turbokompresoru. Mlha se získává z ložisek turbín pod neustálým vakuem. Jemné kapičky olejové mlhy jsou spojeny do větších kapek uvnitř filtračního systému, a potom se vedou zpět do nádrže mazacího oleje.



Obr. 5.10 Odsávač olejových par [22]

1 – elektromotor, 2 – vývěva, 3 – filtrační nádoba

5.6 Plán zkoušek

Plán zkoušek předpokládá částečné vyzkoušení těsnosti a tvarové stálosti potrubí a vybraných technických parametrů mazacího agregátu. Předpokládá se možnost provedení tlakové zkoušky a těsnostní zkoušky případně, že bude možné zapojit hlavní čerpadlo tak možnost seřízení tlakových ventilů a měření průtoku hlavního čerpadla.

Pro vyzkoušení mazacího agregátu mimo skutečné místo zabudování se nabízí možnost vyzkoušet mazací agregát u výrobce. Protože se jedná o velkoobjemové zařízení, bude po dohodě se zákazníkem dohodnuto buď zkoušení originálním zabudovaným čerpadlem, nebo externím agregátem. Zkouška zabudovaným originálním čerpadlem si vyžaduje dodání min 6000 l oleje. Pro zkoušku externím agregátem není potřeba dodávka oleje, poskytne ho výrobce ze svých zásob.

Tlakové zkoušky:

Tlaková zkouška s originálním čerpadlem

- Připojit průtokoměr (1) na výstupní potrubí z filtrace (2)
- Za průtokoměr připojit kulový ventil (3)
- Za kulový ventil (3) připojit krátké potrubí a svést olej montážním otvorem (4) zpět do nádrže
- Napojit řídicí signál přepouštěcího ventilu 23 (5) hadicí na krátké potrubí za kulovým ventilem (3)

Nastavení pojistného tlaku na pojišťovacích ventilech (28.1a28.2)

Pojistný ventil 28.1

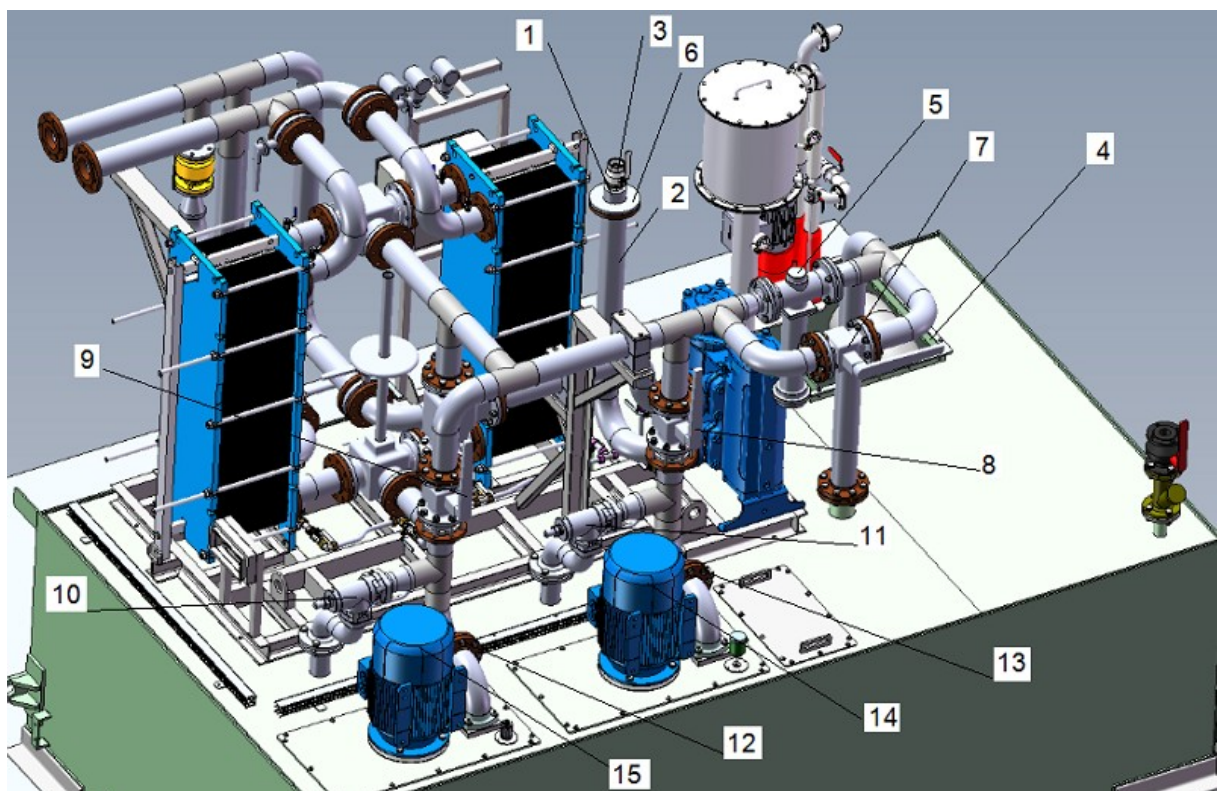
- Zavřít kulový ventil 36.1(9)
- Připojit manometr na minimální přípojku 20.1
- Zapnout čerpadlo 6.1 (15) a nastavit pojistný tlak na pojistném ventilu 28.1 (10)

Pojistný ventil 28.2

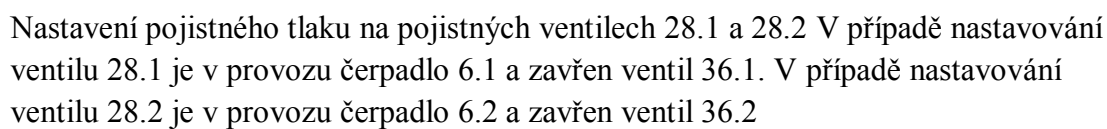
- Zavřít kulový ventil 36.2 (8)
- Připojit manometr na minimální přípojku 20.2
- Zapnout čerpadlo 6.2 (14) a nastavit pojistný tlak na pojistném ventilu 28.2 (11)

Tlaková zkouška potrubí

- Zkontrolovat všechny výpustné kohouty používané při vypouštění potrubí zda jsou zavřeny, nebo zaslepeny
- Otevřít kulové ventily 36.1 (9), 36.2 (8)
- Zapnout čerpadlo 6.1 (15) a natlakovat potrubí (je možné vyzkoušet i čerpadlo 6.2 (14))
- Zavřít kulový ventil 36.3 (7)



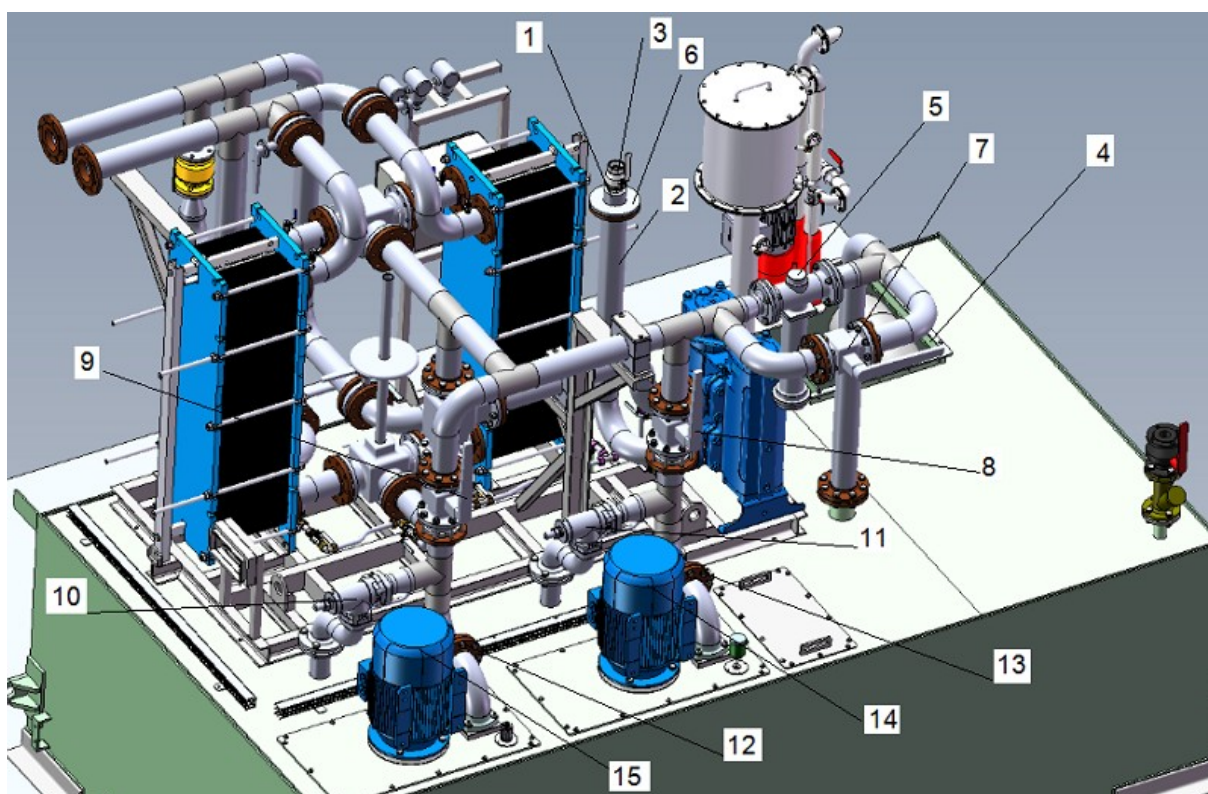
Obr. 5.11 – Popis tlakové zkoušky s originálním čerpadlem



Tlaková zkouška s externím agregátem

Příprava externího agregátu k tlakové zkoušce

- Zaslepit výstupní tlakové potrubí z filtrace (2) a opatřit jej manometrem
- Demontovat obě kolena (12, 13) z výtlačné větve čerpadla (6.1a6.2) a zaslepit je zaslepovací přírubou. Jedna ze zaslepovacích přírub bude vybavena přechodovým adaptérem kompatibilním se šroubením na externím agregátu
- Připojit externí agregát k přírubě s přechodovým adaptérem.



Obr. 5.12 – Popis tlakové zkoušky s externím agregátem

Nastavení pojistného tlaku na pojišťovacích ventilech (28.1a28.2)

V případě tlakové zkoušky s použitím externího agregátu, výrobce nemůže zaručit nastavení pojišťovacího tlaku na pojistném ventilu. Pojistný ventil je navrhnutý na mnohem vyšší průtok, než je navrhnutý externí agregát. Ten nedosáhne potřebného průtoku jako originální čerpadlo a nedostane přes pojistný ventil potřebný průtok. Nedostatek průtoku nám zapříčiní zakmitání ventilu a tím znemožní nastavení pojistného tlaku na pojistném ventilu.

Tlaková zkouška potrubí

- Zkontrolovat všechny vypustné kohouty používané při vypouštění potrubí zda jsou zavřeny, nebo zaslepeny
- Otevřít kulové ventily 36.1 (9), 36.2 (8)
- Zapnout externí agregát a natlakovat potrubí
- Zavřít kulový ventil 36.3 (7)

Provedením výše popsaných zkoušek je možné předejít případným netěsnostem nebo nefunkčnosti na stavbě.

5.7 Stavební podklady

5.7.1 Popis

Mazací agregát pro turbo kompresor je umístěn v kryté hale nebo přístřešku. Slouží pro dodávku potřebného množství oleje pro chlazení, odvod tepla a mazání pohyblivých částí turbokompresoru.

5.7.2 Popis umístění mazacího agregátu

Konstrukce nádrže je ocelová svařovaná z jednotlivých ocelových plechů. Nádrž je konstruována s plochým dnem bez zpevňovacího ocelového rámu. Proto je nutné, aby ležela na rovném dostatečně pevném podkladu.

Mazací agregát bude napojen na el. rozvody, na vodovodní sít chlazení v místním podniku. Předpokládáme uzavřený okruh chlazení. Pro možnost vypouštění chladicí vody v době oprav předpokládáme možnost napojení odpadní vody na kanalizaci.

5.7.3 Přístup ke stavbě po dobu výstavby

Přístup ke stavbě je možný po stávajících komunikacích s asfaltovým nebo betonovým povrchem. Nepředpokládáme zřizování nové cesty pro výstavbu. Na místo umístění mazacího agregátu předpokládáme jeřáb s nosností cca 10 t.

Technické parametry mazacího agregátu:

• Hmotnost prázdné nádrže včetně výbavy	6000 kg
• Množství oleje	12000 l
• Hmotnost včetně všech provozních náplní	18000 kg
• Základní rozměry max. d x š x v	4700x2800x3500 mm
• Předpokládané zatížení	cca 2000 kg/m ²
• Požadovaná únosnost základu	5 t/m ²
• Obestavěný prostor	50 m ³
• Zpevněná plocha pod nádrží	15 m ²

5.7.4 Požadované stavební úpravy

Odbourání stávajícího základu do hloubky 200 - 250 mm (pokud je základ v pořádku, není potřeba jeho bourání.) a nová betonáž s armováním sítí oko 100x100x8 na požadovanou únosnost. Pokud se základ nebude dělat nový, požadujeme srovnání starého ± 2 mm zálivkovou maltou. Pokud není, možné srovnání betonu požadujeme použít jako podložku, na které bude nádrž ocelový plech o tloušťce 25 mm. Rozměru 4700 x 2800 mm. Plech bude natřen příslušným oleji vzdorným nátěrem. V případě betonu požadujeme opatřit beton oleji vzdorným izolačním nátěrem Sikaflor.

5.7.5 Kotvení mazacího agregátu

Mazací agregát je dostatečně těžký na to, aby bylo potřeba jej zvlášť kotvit. Nepředpokládáme ani působení vnějších sil, které by mohli způsobit posuv stroje. Proto předpokládáme dodávku chemických kotev do betonu nebo přivařovacích úhelníků, kterými bude nádrž připevněna k základu.

5.7.6 Kotvení pomocných konstrukcí

K mazacímu agregátu bude dodána obslužná plošina. Plošina je ocelové konstrukce s ochozem, zábradlím a přístupovým žebříkem. Podlaha je tvořena pochozím roštem.

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| • Rozměry plošiny | 4000x800 mm |
| • Statická únosnost | 200 kg/m ² |
| • Výška plošiny nad podlahou | 1200 mm |

Plošina bude kotvena pomocí chemických kotev přímo do betonového základu. Nohy plošiny bude potřeba u montáže upravit vzhledem k možné nerovnosti základu.

5.7.7 Transportní údaje

Mazací agregát nemá podstavný rám, pouze zesílený plech na dně, proto pro dopravu bude potřeba použít návěs se sníženým podvalníkem s rovnou úložnou plochou. Mazací agregát bude vybaven ocelovými úchyty pro možnost manipulace pomocí vázacích prostředků, ocelová lana, řetězy atd. Vyčnívající části pro převoz mazacího agregátu budou upraveny případně demontovány tak, aby se snížil průjezdný profil. Vzhledem na rozměry předpokládáme, že se bude jednat o nadrozměrný náklad.

Mazací agregát bude dodán bez speciálních obalů. Obaly budou tvořit igelitové folie, karton. Nepředpokládáme konzervaci mazacího agregátu z důvodu prakticky okamžitého nasazení k montáži a následně do provozu. Pomocná obslužná plošina bude transportovatelná zvlášť.

Technické parametry mazacího agregátu:

- | | |
|---|-------------------|
| • Hmotnost prázdné nádrže včetně výbavy | 6000 kg |
| • Základní rozměry nádrže max. dxšxv | 4700x2800x3500 mm |
| • Rozměry plošiny d x š x v | 4000x800x 2500 mm |
| • Hmotnost plošiny | 960 kg |
| • Předpokládaná nosnost dopravního prostředku | 10 -15 tun |

6 Technická dokumentace

V rámci tohoto projektu byla zpracovaná i kompletní technická dokumentace mazacího agregátu. V projektu bylo zpracováno funkční schéma, specifikace prvků, motorová listina. Jsou nakreslené výrobní výkresy nádrže, rámu a sestavné výkresy mazacího agregátu. Všechna tato dokumentace je přiložena v příloze diplomové práce.

7 Návod na obsluhu a údržbu

7.1 Popis činnosti mazacího agregátu

Mazací agregát je tvořen ocelovou nádrží o objemu 13 500 l (2). Na víku nádrže jsou umístěny 2 pohonné jednotky tvořeny elektromotorem, každý o výkonu 18,5 kW (1.1 a 1.2) pro pohon hydrogenerátorů. Jeden elektromotor je trvale v provozu zatímco druhý slouží jako 100% rezerva v případě výpadku prvního.

Oba hydrogenerátory (6.1 a 6.2) jsou stejného typu se stejnými parametry. Hydrogenerátor (6.1 a 6.2) slouží k dodávce tlaku do větve, která zabezpečuje funkci mazání a chlazení turbokompresoru. Hydrogenerátor čerpá kapalinu z nádrže, kterou vytlačí přes chladič a filtr do turbokompresoru. Na vstupu do turbokompresoru musí být dosaženo určitých předepsaných technických parametrů kapaliny týkajících se teploty a tlaku. Po průchodu oleje turbokompresorem se olej vrací zpět do nádrže. Nádrž je rozdělena důmyslným systémem přepážek na filtrační a usazovací komory. V jednotlivých částech nádrže se kapalina uklidňuje, usazují se nečistoty, až se kapalina dostane do komory nádrže ve, kterých jsou umístěna čerpadla.

Kapalina z velkých hydrogenerátorů (6.1 a 6.2) proudí skrz jednosměrné ventily (29.1 a 29.2) sloužící k zabezpečení, aby nedošlo k návratu kapaliny zpět do hydrogenerátoru. Dále přes kulové ventily (36.1 a 36.2) přičemž jeden z nich může být uzavřen (oprava čerpadla, porucha motoru a jiné) v závislosti na tom, který ze dvou hydrogenerátorů bude právě v provozu. Tyto kulové ventily mají zabezpečit, aby kapalina při provozu jednoho hydrogenerátoru neprocházela zpět do nádrže druhým hydrogenerátorem, který nebude zrovna v provozu. Dále se kapalina větví pomocí třicestného ventilu (22.1) do jedné větve, kde kapalina prochází deskovým chladičem a pak dál potrubními filtry (31.1 a 31.2), u kterých je elektricky snímán stav zanesení. Kapalina dále směřuje do turbokompresoru. Teplota kapaliny je řízena termostaticky řízeným ventilem v mixážní funkci, kde prochází při vyšší teplotě přes chladič nebo při nižší teplotě chladič obteče. Podobně je řízen tlak na vstupu do turbokompresoru pružinovým odlehčovacím ventilem, který při vyšším tlaku oleje před kompresorem odpouští část oleje od čerpadla do přepadu a při nižším tlaku naopak průtok do odpadu zavírá.

V případě obou čerpadel je možné uzavřít kulové ventily a mařit veškerý dodávaný výkon od elektromotoru přes pojistný ventil a tím rychle ohřát kapalinu na ideální provozní teplotu nebo při krátkodobém uzavření těchto ventilů nastavit na pojistných ventilech pojistný tlak.

Tlak v obvodu je hlídán tlakovým snímačem (33.1 a 33.2) vždy za každým čerpadlem a pak po spojení potrubí ve společné větvi.

Dále je obvod vybaven čidlem teploty a hladiny (16 a 15), který hlídá teplotu a výšku hladiny v nádrži. V okamžiku kdy dojde k poklesu hladiny na úroveň MIN. I se rozsvítí na kontrolním panelu kontrolka “nízká hladina oleje v nádrži“. Při dosažení druhé hladiny MIN. II v nádrži jsou všechny elektromotory zastaveny. U vodních chladičů je možné množství protékající vody nastavit otevřením nebo přivřením šoupátka. (Výkres se schématem mazacího agregátu)

7.1.1 Technické parametry hydraulického agregátu

• Objem nádrže	13 500 l
• Výkon elektromotoru	2 x 18,5 kW
• Filtrace v potrubí	10 mic.
• Výkon ohřívače	2 x 5 kW
• Průtok pro turbokompresor celkem	640 – 750 l/min
• Průtok oleje pro kompresor	400 – 500 l/min
• Průtok oleje pro turbínu	140 l/min
• Projektovaný tlak na výstupu čerpadla	12 bar
• Tlak na vstupu do turbokompresoru	2 – 5 bar
• Minimální tlak na vstupu do turbokompresoru	1,9 bar
• Hydraulická kapalina	turbínový olej VG46 CSt
• Silové napájení	400 V/50 Hz
• Ovládací napájení	24 V DC

• Doporučená pracovní teplota oleje	20 až 48 °C
• Startovací teplota mazacího agregátu	5 °C
• Teplota okolí	-30 až 32 °C
• Odhadovaný chladicí výkon	800 kW
• Odhadovaná spotřeba vody	132 m ³ / hod
• Hmotnost nádrže s výbavou bez oleje	5,5 t
• Rozměry nádrže d x š x v (mm)	4700x2800x3500 mm
• Rozměry plošiny d x š x v (mm)	4000x800x2500 mm
• Výška plošiny nad zemí (mm)	1200 mm
• Hmotnost plošiny	960 kg
• Podtlak v nádrži	50 mbar – 0,5 bar
• Typ provozu celotýdenní nepřetržitý	3 směny

7.2 Potrubní rozvod

Potrubní rozvod je proveden v ocelových bezešvých trubkách dle ČSN 426711.41 (vnější a vnitřní povrch kovově čistý, rovnaný) TDP 420260.11 materiál trubek 12022.1 nebo 11353.1. Potrubí jsou vedeny po konstrukci stroje a pomocných konstrukcích. Jako spojovací elementy jsou použity šroubení s O kroužkem. Nebo svařované v ochranné atmosféře argonu u potrubí průměru větší jak 42 mm.

• Jmenovitý tlak - tlakové potrubí	25 bar
• Jmenovitý tlak - odpadní potrubí	16 bar

7.3 Materiál a provedení hydraulického agregátu

Většina dílčích montážních dílů agregátu je vyrobena z konstrukčních ocelí třídy 11 a 12. Povrchová ochrana převážné části agregátu je provedena nátěrem.

7.4 Nároky na energie a materiál

7.4.1 Energie

Napěťová soustava:

- Silové obvody $U_s = 400 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$
- Řídící obvody ventilů $U_{pc} = 24 \text{ V DC}$

Soustava 400 V 50 Hz

- | | | |
|--------------------------------|------|---------|
| • Elektromotor hlavní čerpadlo | 2 ks | 18,5 kW |
| • Ohřívač | 2 ks | 5 kW |
| • Odsávání par | 1 ks | 1,5 kW |
| • Celkem | | 48,5 kW |

Soustava 24 V DC

- | | | |
|---|------|----------------|
| • Elektromagnety a koncové spínače, čidla | 1 ks | 1 kW |
| • Celkem | | 1 kW |
| • Celé zařízení instalovaný příkon | | 49,5 kW |

Odhadovaná roční spotřeba energie pro běžný provoz 180 tis kWh

Předpokládáme nepřetržitý celotýdenní provoz na 3 směny. Průměrná výtěžitelnost mazacího agregátu. 8000 hod/ročně.

7.4.2 Voda

- Průtok vody odhad 2,2 m³/min
- Objem vody v chladiči 2x 58 L
- Tlak vody 2-5 bar
- Čistota lepší jak 100 micro
- PH 7,5
- Spotřeba vody při 100 % 132 m³/hod
- Teplota vody 5 – 25 °C.
- Roční spotřeba vody 518 tis /m³

Odhad pro 8000 hod /ročně při 50 % využití chladiče a teplotním spádu vody 5 °C.

7.4.3 Vzduch

Použití pro případné pomocné pohony. (čištění)

- Tlak vzduchu min 5 bar.
- Průtok 200 NL/min
- Množství za 1 směnu (odhad) 1,5 Nm³/směnu

7.4.4 Olej

- Turbínový olej
- Typ VG46
- Viskozita 41,4-50,6 CSt
- Obsah vody max. 0,02 %
- Množství 12 000L
- Čistota DLE NAS 1638 TRÍDA 7

7.5 Postup uvedení stroje do stavu připravenosti

Před každým použitím stroje **provést vizuální kontrolu hladiny** kapaliny v nádrži a spustit elektromotor pohonu čerpadel pouze v případě, že ryska stavu kapaliny je nad středovou hodnotou ukazatele hladiny.

Stroj se spouští postupně **zapnutím přepínače hlavního elektrorozvaděče** a dalšími kroky v rámci řízení celého zařízení. Elektromotory se, zapínají tlačítkem START a vypínají tlačítkem STOP. Po rozběhu elektromotorů pracují hydrogenerátory okamžitě do tlaku. Systém spouštění případně funkce agregátu je podrobněji popsána v kapitole **7.1 Popis činnosti mazacího agregátu.**

Tlak v hydraulickém okruhu je nastaven výrobcem dle požadovaných parametrů, přičemž jej lze snížit nebo zvýšit na požadovanou hodnotu.

V případě poruchy funkce hydraulických agregátů je nutné se spojit s dodavatelem a požádat jej o odstranění poruchy. S ohledem na seřízení výstupních parametrů se nedovoluje manipulovat s regulačními šrouby tlakové a průtokové regulace.

Provozovatel zařízení může přes čerpadlový agregát opatřený filtrem doplňovat kapalinu v nádrži.

7.6 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

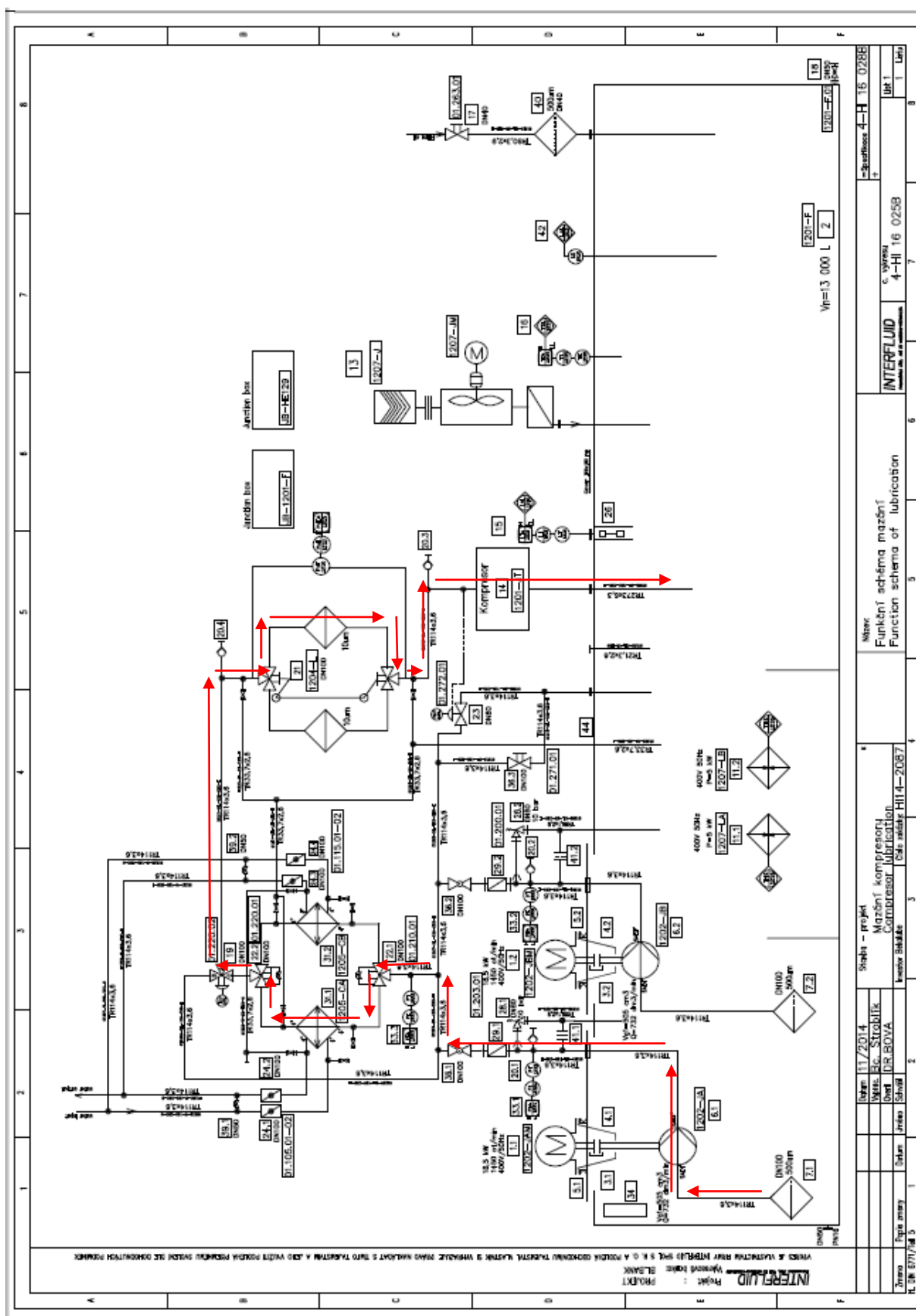
Při používání hydraulického agregátu je nutné dodržet tyto zásady:

Obsluha musí být seznámena s návodem k použití a musí být proškolená v oblasti hydraulických zařízení.

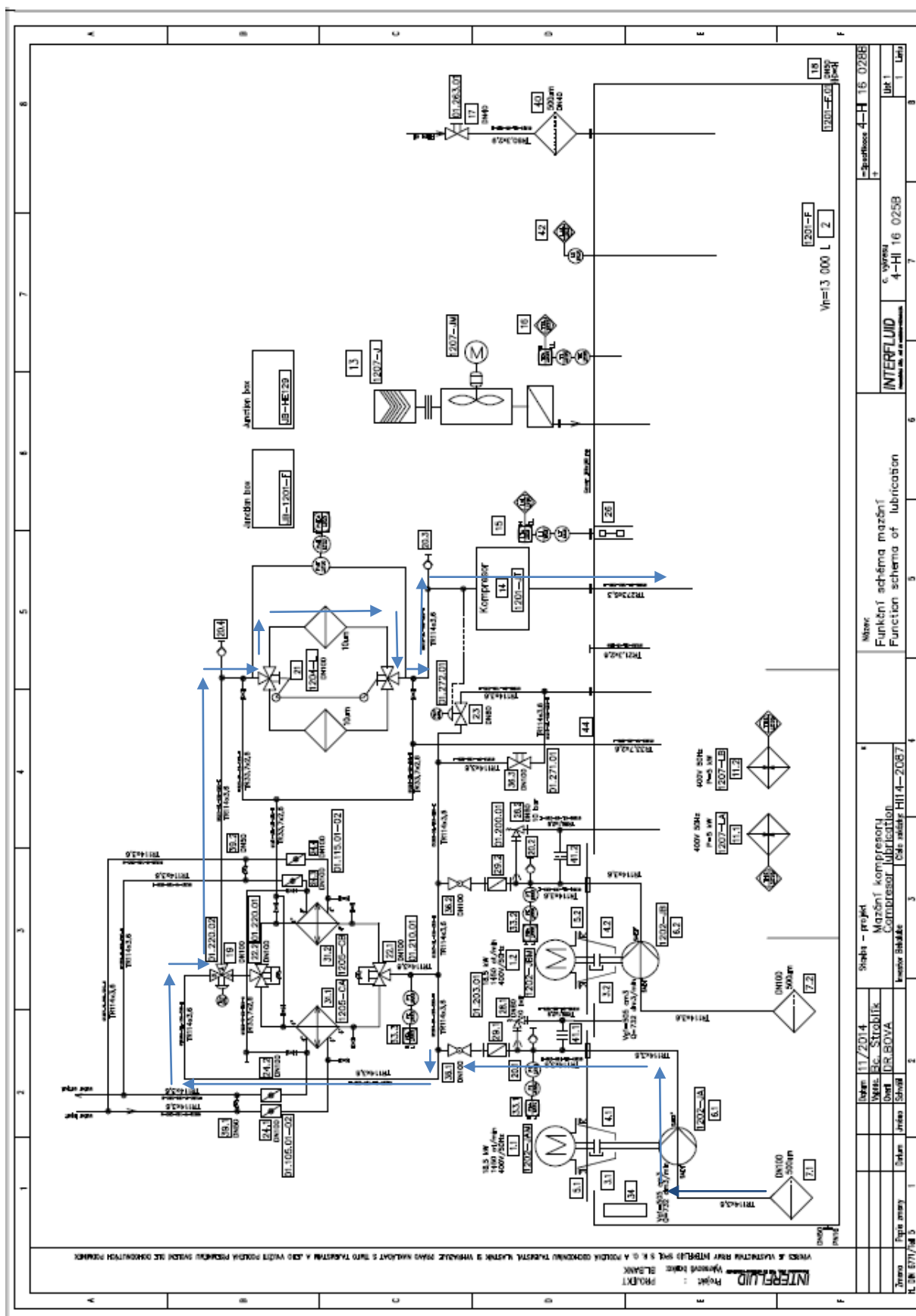
Obsluze není dovoleno samovolně seřizovat nastavené parametry hydraulického agregátu bez předběžné konzultace s dodavatelem.

Při výměně potrubních spojů a trubek dbát na čistotu odkládacího prostoru a vyloučit zanesení nečistot do potrubního systému (zátkovat otevřený obvod)

7.7 Principiální schémata



Standardní provoz mazacího agregátu s chladičem červeně. Ve funkci ventil 19. Funkce chlazení



Standardní provoz mazacího agregátu bez chladiče modře. Ve funkci je ventil 19. Funkce obtok chladiče

8 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá návrhem mazacího agregátu turbokompresoru. Zpracování celé práce vychází z požadavků a z technických jednání se zákazníkem.

V první části se zabývám problematikou způsobu mazání turbosoustrojí a vyhledávám technická řešení, která jsem nedostal od zákazníka.

V praktické části na základě získaných informací a ujasněných požadavků navrhuji funkční schéma mazacího agregátu turbosoustrojí. Poté navrhuji objem a rozměry nádrže spolu s čerpadlem a elektromotorem. Dále provádím nezbytné technické a projekční výpočty, které jsou potřebné k návrhu hydraulických prvků mazacího agregátu.

Na základě navržených hydraulických prvků zpracovávám projekt mazacího agregátu v 3D programu SOLIDWORKS. V tomto programu jsem vytvořil 3D model mazacího agregátu ze, kterého jsem vytvořil celou výkresovou dokumentaci určenou k výrobě mazacího agregátu. Veškerá výkresová dokumentace je přiložena v příloze diplomové práce. Závěrem jsem zpracoval návod na obsluhu spolu s principiálními schématy mazacího agregátu.

9 Seznam použitých pramenů

Literatura:

- [1] BEČKA, J. *Tribologie*. Praha: ČVUT, 1997. 212 s. ISBN 80-01-01621-8.
- [2] BLAŽEJ, A ; KRKOŠKA, P. *Technológia výroby papiera*. 1.vyd. Alfa Bratislava/SNTL Praha, 1989. ISBN 80-05-00119-3.
- [3] ŠKOPEK, J. *Tepelné turbíny a turbokompresory*. Západočeská univerzita v Plzni, 2010. 248 s. ISBN 978-80-7043-862-6.
- [4] ŠTÁVA, P.; PAVLOK, B. *Mazací technika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 76 s. ISBN 80-248-1000-X.
- [5] SIVÁK, V. *Projektování hydraulických systémů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 333 s. ISBN 80-7078-037-1.
- [6] Projekční podklady od firmy Interfluid.
- [7] LEINVEBER, Jan. VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra – pedagogické nakladatelství, 2003. 874 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [8] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy, Díl 1*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009. 156 s. ISBN 978-80-248-0857-4.
- [9] Technické podklady od ČKD PRAHA DIZ.
- [10] KOLEKTIV AUTORŮ. *Projektování a konstrukce hydraulických zařízení*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth, 1988.
- [11] PIVOŇKA, J a kol. *Tekutinové mechanismy*. Praha: SNTL Praha, 1987.

[12] LAWROWSKI, Z. *Technika smarowania*. Wydawnictwo Naukowe: PWN Warszawa, 1996.

Internetové prameny:

- | | |
|---|---|
| [13] www.rosemount.com | tlakové snímače, teplotní čidla, převodníky teploty |
| [14] www.tranter.com | chladiče |
| [15] www.bollfilter.de | filtrace, třicestný kulový ventil |
| [16] www.ekorex.cz | snímač hladiny |
| [17] www.balluff.com | snímače |
| [18] www.hydac.com | filtrace a příslušenství |
| [19] www.elmaterm.cz | topné kabely |
| [20] www.kracht.eu | zubová čerpadla |
| [21] www.kuebler.com | kontrolní technika |
| [22] www.franke-filter.de | odsávač olejových par |
| [23] www.samson.de | tlakový regulační ventil |
| [24] www.ksbpumpy.cz | armatury |
| [25] www.motorgear.cz | elektromotory |
| [26] www.ex-technik.cz | topná tělesa |
| [27] www.amot.com | amot ventil – termoregulční ventil |
| [28] www.directindustry.com | plynová turbína |
| [29] www.doosanskodapower.com | turbosoustrojí |

10 Seznam příloh

Příloha A:

Funkční schéma: 4 - HI 16025B - 1

Příloha B

Specifikace prvků: 4 - HI 16028B - 1.2
4 – HI 16028B – 2.2

Příloha C:

Motorová listina: 4 – HI 16024 – 1.2

Příloha D:

Nádrž 13 000 l: 0HI – 16355 – 1.9
0HI – 16355 – 2.9
0HI – 16355 – 3.9
0HI – 16355 – 4.9
0HI – 16355 – 5.9
0HI – 16355 – 6.9
0HI – 16355 – 7.9
0HI – 16355 – 8.9
0HI – 16355 – 9.9
0HI – 16393 – 1
1HI – 16356 – 1.3
1HI – 16356 – 2.3
1HI – 16356 – 3.3
0HI – 16362 – 1
2HI – 16568 – 1.2
2HI – 16568 – 2.2
3HI – 16481 – 1
4HI – 16482 – 1.2
4HI – 16482 – 2.2

Příloha E:

Rám: 1HI – 16478 – 1.5
1HI – 16478 – 2.5
1HI – 16478 – 3.5
1HI – 16478 – 5.5

Příloha F:

Sestavný výkres mazacího agregátu:

2HI – 16374 – 1.3
2HI – 16374 – 2.3
2HI – 16374 – 3.3

Příloha G:

Potrubí: 0HI – 16387 – 1.2
0HI – 16387 – 1.2

CD nosič:

CD obsahuje tuto diplomovou práci včetně příloh.